Die chirurgische Händedesinfektion

Geschichtliche Entwicklung und experimentelle Studien zum heutigen Stande

von

ADELHEID WALZ

Hamburg 1961

Aus dem Institut für klinische Bakteriologie und Serologie
der Universität Hamburg
Direktor: Professor Dr. Dr. Gerd Benno Roemer

Die chirurgische Händedesinfektion
Geschichtliche Entwicklung und experimentelle Studien zum heutigen Stande

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von
Adelheid Walz
aus Vaihingen - Enz

Hamburg 1960

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der
Universität Hamburg
am: 26.4.1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg

Dekan : Prof. Dr. R. Prévôt
Referent : Prof. Dr. Dr. Roemer

Fotodruck: Mikrokopie G.m.b.H. München 2, Weinstr. 4

Meiner lieben Mutter

im Andenken an den Vater

gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Geschichtliches	1
Begriffsbestimmung	18
Zur Desinfektion in praxi - speziell Händedesinfektion	24
Die Entwicklung der Desinfektionsmittel	29
Forderungen an ein optimales Händedesinfektionsmittel	40
Testmethoden zur Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln - speziell von Händedesinfektionsmitteln	45
Methodisches	52
Experimentelles	60
I Spezielles	60
A Versuche an der unbehandelten Tageshand	60
B Mechanische Reinigung	63
C Chemische Desinfektion	74
1) Bayer 4245	75
2) Desogen	85
3) 80 vol % Äthylalkohol	93
II Methodischer Vergleich	98
Zusammenfassung	103
Literaturverzeichnis	
Lebenslauf	
Danksagung	

Geschichtliches

Es ist sicher berechtigt, neben den Beginn des Lebens überhaupt das andere, ihm entgegengerichtete Ereignis zu stellen - den Tod. Während die Erscheinungen und Äußerungen des Lebens nie endgültig überblickt und geordnet werden können, da ja gerade die Mannigfaltigkeit unverhoffter Variationen und der Begriff der Entwicklung Kennzeichen des Lebendigen sind, läßt sich das Phänomen des Todes wenigstens in der Fragestellung nach den Ursachen einigermaßen erschöpfend fassen.

Als "natürlichen" Tod wird man das Verlöschen eines Organismus als Folge der allgemeinen Abnutzungs- und Erschöpfungserscheinungen durch das Altern bezeichnen. Will man den Verlauf eines solch ungestörten Lebens graphisch vereinfachend darstellen, so gibt die um 180° gedrehte Normalparabel ein ideales Bild von den Wechselbeziehungen zwischen Werden und Vergehen; denn in jedem Zunehmen liegt zugleich schon ein gewisses Maß an Abnehmen, und neben dem überwiegenden Abbau vollzieht sich immer noch ein Aufbau.

Im Gegensatz zu diesem sinnvoll erscheinenden Vorgang kann man alle, durch andere Ursachen bewirkte Todesarten zusammenfassen unter dem Begriff des "unnatürlichen" Todes - ohne jedoch die Problematik einer so einfachen Unterteilung zu übersehen. - Jeder Organismus ist in eine Umwelt hineingestellt, von der fördernde und hemmende Impulse auf ihn übergehen. Die günstigen Einflüsse werden willig verarbeitet und wirken damit ungehindert auf ihre Weise, während jede Störung der Lebensfunktionen infolge schädlicher Einflüsse den Tod des Organismus herbeiführen kann. Da nun aber die Gefährdung des Seins ebenso wenig ausgeschaltet werden kann wie die Förderung desselben, ist es ein elementares Bedürfnis der Natur, durch Anpassung und Abwehrmaßnahmen das Leben des Einzelindividuums zu schützen und damit die Kontinuität des Lebens zu erhalten. Durch die Entwicklung hochspezifischer Schutzvorrichtungen wird der Organismus befähigt, sinnvoll auf die ver-

schiedensten Schädlichkeiten zu reagieren und diese in ihrer Wirksamkeit so weitgehend abzufangen und zu mildern, daß ein Weiterbestehen möglich wird, es sei denn, die Noxe überfordert seine Fähigkeiten sowohl durch die Heftigkeit als auch durch die Dauer ihrer Einwirkung. Zu diesen im physischen Bereich verankerten und vom Willen unabhängigen Schutzvorrichtungen hat sich der Mensch durch Beobachtung und Erfahrung, durch häufig zufällige Entdeckung, durch gelenktes Experimentieren und Weiterentwicklung erworbener Erkenntnisse ein Gebäude von Hilfsmitteln errichtet, die größtenteils die natürlichen Abwehrkräfte des Organismus unterstützen oder aber völlig selbständig zum Schutze desselben beitragen.

Als Geißel der Menschheit wurden von jeher Kriege, Seuchen und Hungersnöte bezeichnet, weil in ihrem Erscheinen und Verlauf etwas Unentrinnbares liegt, vor dem sich der Einzelne nicht zu schützen vermag, sondern dem er sich hilflos ausgeliefert sieht. Es ist daher naheliegend und durchaus verständlich, daß solche Notzeiten als Strafe der erzürnten Gottheit gedeutet und ertragen wurden. Aber es hat zu allen Zeiten Menschen gegeben, die, tief beunruhigt über die Geschehnisse, nach Möglichkeiten suchten, die Not zu lindern oder gar zu verhüten. So ist uns eine lange Kette von Bemühungen bekannt, die gerade der Bekämpfung von Seuchen gelten und die bis heute noch keinen Abschluß gefunden haben.

Um eine Seuche erfolgreich zu bekämpfen, ist es von größter Wichtigkeit, über die Art ihrer Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung Kenntnis zu besitzen. Denn erst das Wissen um die Ursache, die den Organismus in ein Ungleichgewicht seiner Lebensfunktionen gebracht hat, vermag den richtigen Weg zum gezielten Einschreiten zu weisen. Dieser Gedanke liegt jedem helfenden Bemühen zugrunde und hat bereits die frühesten Versuche der Heilkunst gelenkt. Aber es war ein weiter Weg unermüdlichen Suchens, bis der erste Krankheitserreger gefunden und als solcher nachgewiesen werden konnte.

Die auffallendste Erscheinung beim Auftreten von Seuchen war die, daß sie sich mit Windeseile ausbreiteten und viele

Menschen gleichzeitig erfaßten. Weiterhin war es bemerkenswert, daß diese so erkrankten Menschen selten verstreut lebten, sondern eigentlich immer in der Gemeinschaft von Dörfern und Städten, das heißt aber in enger Berührung miteinander. Und so wurde die erste fundamentale Beobachtung gemacht, nämlich die von der Übertragbarkeit von Krankheiten durch den Kontakt der Menschen untereinander.

Man hat Grund zu der Annahme, daß bereits die frühen Ägypter gute Vorstellungen über diese Beziehungen hatten. Klare Hinweise über das Wissen um diese Zusammenhänge gibt uns die Bibel, wenn sie berichtet, daß die Aussätzigen von den Gesunden gemieden wurden. Aristoteles schreibt über die Pest - wie er die Seuchen ganz allgemein benennt - daß alle Menschen dafür empfänglich seien. Gesunde würden stets durch Kranke krank, aber man habe es noch nie erlebt, daß ein Kranker durch die Berührung mit einem Gesunden genesen sei. Er zieht daraus den Schluß, daß die "Pest" also durch die Kranken übertragen und verbreitet werde. - Im Laufe der Zeit lernte man dann, verschiedene Seuchen infolge ihrer unterschiedlichen Verlaufsform von einander zu trennen, und die Bezeichnung Pest wurde für eine besondere ansteckende Krankheit vorbehalten. Galen bereits zählt außer der Pest und Lepra die Krätze, Ophthalmie, Auszehrung, Lyssa u.a. zu den kontagiösen Erkrankungen.

Aus dieser grundlegenden Erkenntnis folgte als erster Schritt zur Verhütung von Seuchen die Isolierung der Kranken. Die Ursache ließ sich noch nicht bekämpfen, da sie noch in völligem Dunkel lag, aber man bemühte sich, die Gefahr für die Gesunden einzudämmen und die weitere Verbreitung der Not zu verhindern. So entschloß man sich, die Erkrankten aus den Ortschaften zu weisen und sie außerhalb der Wohngebiete unterzubringen. Auch hier dient uns die Bibel als frühe Quelle, und von den alten Persern ist ebenfalls bekannt, daß sie dieselbe Maßnahme ergriffen zur Verhütung der Lepra. Ja, sie gingen noch einen Schritt weiter und wiesen lepröse Fremde aus ihrem Lande. Schon im 6. Jhrd. n.Chr. entstanden sogenannte Leprosorien, die

als Vorläufer der Krankenhäuser zur Zeit der Kreuzzüge im ganzen Abendland anzutreffen waren.

Im Kampfe gegen die Pest, die aus dem Orient nach Europa eingeschleppt worden war, wurden strenge Vorschriften ausgearbeitet. Sie verwehrten allen Personen aus infizierten Gebieten den Zutritt, um jede Möglichkeit einer Ansteckung auszuschließen. Da aber diese Anordnung einerseits eine gewisse Gefährung des Handels bedeutete und andererseits das Ausmaß und die Häufigkeit der Epidemien kaum beeinflußte, kam man zu einem neuen Entschluß. Alle Reisenden wurden angewiesen, entweder auf ihren Schiffen zu bleiben oder sich in besonders dafür eingerichtete Gebäude außerhalb des Hafengebietes oder der Stadt zu begeben, wo sie sich 40 Tage lang unter Beobachtung aufhalten mußten, ehe sie mit der einheimischen Bevölkerung in Berührung kommen durften. Die Waren wurden während dieser Zeit gelagert und gründlich gelüftet. Diese Maßnahme der Isolierung und Beobachtung wurde unter dem Begriff der "Quarantäne" zu einem festen Bestandteil der allgemeinen Seuchenbekämpfung. Die Frist von 40 Tagen wurde später gekürzt und ist heute der Inkubationszeit der jeweiligen Infektionskrankheit angepaßt.

Neben diesen vorbeugenden Maßnahmen verlor man jedoch das eigentliche Ziel aller Bemühungen, das Auffinden der Ursache, nicht aus dem Blickfeld. So hatte man weiter beobachtet, daß Seuchen häufig im Gefolge von Kriegen ausbrachen und unter Soldaten und Zivilbevölkerung in gleich verheerendem Ausmaße wüteten. Aristoteles sah sich dadurch veranlaßt, Alexander dem Großen einen seiner weisen Ratschläge zu erteilen und bat ihn, er möge seine Kriegsleute auffordern, das Trinkwasser abzukochen und die Faeces zu vergraben. Auch die Hebräer hatten bereits auf die Bedeutung der Reinlichkeit bei der Seuchenprophylaxe hingewiesen und eigene Gesetze über die Nahrungszubereitung erlassen. Denn schon früh vermutete man in verunreinigten Lebensmitteln und üblen Gerüchen ein krankmachendes Medium und sah einen kausalen Zusammenhang zwischen allen Fäulnisvorgängen in der Natur und Infektionen, die man als Fäulnis in corpore betrachtete. Und so richteten sich die ersten

Desinfektionsversuche zunächst gegen das sogenannte "Miasma". Man verstand darunter ein krankhaftes Sekret, das in der Luft enthalten sei und seinen Ursprung aus unbeerdigten Leichen nach Kriegen, aus Ausdünstungen von Sümpfen und Tümpeln besonders bei großer Hitze, aus allen Zersetzungsprozessen an der Erdoberfläche und aus stinkenden Exhalationen des Erdinnern nehme. Diese Infektionsstoffe würden von der alles umgebenden Luft aufgenommen und verbreitet und könnten am üblen Geruch erkannt werden. Die Maßnahmen, die dieser neuen Lehre entsprangen, hatten durchweg die Tilgung und Vertreibung der "krankmachenden Luft" zum Ziele und waren daher recht mannigfaltig. So sprach man schon im Altertum den Winden und besonders dem rauhen Nordwind eine starke reinigende Wirkung zu. Durch tagelanges Lüften von Häusern und Waren erhoffte man auch später eine so weitgehende Verteilung der Miasmen, daß diese nicht mehr gefürchtet zu werden brauchten. Diese Ansicht hat sich bis in die preußische Desinfektionsverordnung von 1835 hinein erhalten. Als weitere Möglichkeit, die schlechten Ausdünstungen fernzuhalten oder zu ersticken, wurden große Holzfeuer im Freien entzündet und täglich mit Kanonen über infizierte Ortschaften hinweggeschossen, um viel Holzrauch und dicken Pulverdampf zu entwickeln. Auch das Halten von Ziegenböcken im Hause bei Pest war weit verbreitet. Daneben erlangten vielerlei wohlriechende Duftstoffe und Räucherwerk große Bedeutung. So trug der Pestarzt stets einen Stock bei sich, in dessen durchlöcherten Knauf ein Behälter mit angenehm duftender Essenz eingearbeitet war, die ihn vor dem "pestialischem Gestank" der Seuche schützen sollte. Dem gleichen Zwecke diente der "Riechapfel" und das Kauen aromatischer Wurzeln.

Ein alter, jahrhundertelang geübter Brauch war es auch, die Lebensmittel vor dem Genuß abzukochen, in erster Linie wohl ihrer besseren Bekömmlichkeit wegen. Aber man hatte doch auch gelernt, daß das Erhitzen die gefürchteten Zersetzungsvorgänge fernhielt und die Speisen dadurch haltbarer würden. So wurden früh durch Erfahrung die Grundlagen für die Konservierung von Nahrungsmitteln erworben.

Die Lehre von der Übertragbarkeit vieler Krankheiten von Mensch zu Mensch wurde durch neue Beobachtungen erweitert und führte schließlich zur Veröffentlichung der ersten zusammenfassenden Darstellung über die Theorie der Kontagiosität um 1546 durch Hieronymus Fracastoro. In seinem Werk "De Contagione" stellt er drei Möglichkeiten des Infektionsweges klar heraus, nämlich 1) die "contagio per contactum", also direkt durch die Berührung Gesunder mit Kranken, 2) die "contagio per fomitem", worunter er die Übertragung mittels infizierter Objekte und die Verschleppung durch gesunde Personen verstand und 3) die "contagio per distans", wobei er die Ausdünstungen der Erkrankten als Ansteckungsstoffe ansah, welche dann durch die Luft verbreitet würden. Damit war eine Verbindung zur Miasmenlehre hergestellt.

Nun galt es, klare Vorstellungen über die Natur der Infektionsstoffe zu erlangen. Fracastoro selbst bezeichnete das Contagium als einen belebten Stoff und griff damit auf die schon im 1. Jahrhundert v.Chr. von Varro geäußerte Ansicht vom "Contagium vivum" zurück. Erst die Entdeckung des Mikroskopierens zu Beginn des 17. Jhds. und die Entwicklung der Pathologia animata ermöglichten es, diese Vermutung zu bestätigen. Die bis dahin allgemein übliche und von den Schulen bis ins 19. Jhd. gelehrte Definition besagte, das Contagium sei "eine Materie, die durch eine Krankheit in einem Körper gebildet werde und die Fähigkeit besitze, in anderen dieselbe Krankheit zu erzeugen". Im Unterschied dazu sah man im Miasma "eine der Luft beigemischte und außerhalb des Körpers entstandene Schädlichkeit, welche in den Körper eindringt und selbst in unendlich kleiner Menge Krankheit erzeugt nach Art der Gifte". So gelangte man zu der Auffassung vom Miasma als dem "Contagium mortuum" im Gegensatz zum "Contagium vivum".

Der nächste darauf folgende Schritt war die Unterscheidung der Krankheiten nach ihrer Übertragungsweise. So teilte man sie ein in 1) rein miasmatische Erkrankungen, das heißt solche, die nicht von Mensch zu Mensch ansteckend, sondern durch Gifte oder Fermente von außen bedingt waren, sogenannte "ektogene Infektionen" (Pettenkofer) und zugleich auch solche, deren Infek-

tionsweg völlig undurchschaubar war. Man zählte dazu das Wechselfieber oder die Mal-aria. An 2. Stelle standen die rein kontagiösen Krankheiten ("entogene Infektionen"), welche direkt von Mensch zu Mensch oder auch durch infizierte Objekte übertragen wurden. Hierher gehörten die Syphilis, Lyssa und Krätze (bis zur Entdeckung der Krätzemilbe um 1834). Alle übrigen Krankheiten, deren Ansteckbarkeit nicht zu leugnen war, die jedoch gleichzeitig die Zeichen miasmatischer Infektionen trugen, wurden als miasmatisch-kontagiös bezeichnet. Diese Gruppe umfaßte somit die Mehrzahl der bis dahin erkannten Krankheitsbilder: Pocken (bis 1870), Masern, Röteln, Scharlach, Typhus, Katarrh, Influenza, Ruhr, Pest, Cholera, Puerperalfieber, Gelbfieber, Fleckfieber, Diphtherie, Erysipel und Hospitalbrand.

Der Begriff des "Contagium animatum" fand jedoch keine allgemeine Anerkennung und Aufnahme, obwohl schon Athanasius Kircher um 1659 glaubte, ein solches gesehen zu haben. Er beschreibt es als "kleinste Würmer", die durch Fäulnis entstünden. Und da man sich deren Verbreitung nicht anders als durch die Luft vorstellen konnte, sprach man von "verminosa miasmata", die in den Körper eindringen und durch die Haut wieder ausgeschieden werden würden. Einige Jahre später beobachtete Leeuwenhoeck (1675) in Aufgüssen kleinste belebte Wesen, die er als "Infusorien" bezeichnete. Bei seinen Untersuchungen von Zahnschleim und diarrhoischem Stuhl sah er sicher als erster Bakterien, die er abbildete. Aber trotz unablässigen Suchens unter Ausnutzung aller bis dahin gegebenen Möglichkeiten der Vergrößerung und Publikation und trotz des persönlichen Einsatzes und der Förderung durch einflußreiche Persönlichkeiten und Lehrer wie zum Beispiel Plenciz in Wien und Reimarus in Hamburg, gelang es noch nicht, der Theorie von den belebten Krankheitserregern die nötige Kraft der Überzeugung zu verleihen. Ungünstig wirkte sich auch die Entwicklung der Naturphilosophie im Anfang des 19. Jhds. aus, welche die Gründe für das oft völlig plötzliche Auftreten von Seuchen in den Geschehnissen der Natur zu finden glaubte. So sah man in Witterung, Barometerstand, im Verhalten der Luft, in Vorgängen im Erdinnern und dem Stand

der Gestirne disponierende Faktoren für das Erscheinen der verschiedensten Krankheiten und sprach von der "Constitutio epidemica" und vom "Genius epidemicus". Dabei war man jedoch objektiv genug, keine unbedingte und zuverlässig in jedem Falle eintretende Abhängigkeit einer ganz bestimmten Seuche von einem bestimmten Naturereignis zu propagieren, sondern begnügte sich mit der Feststellung, daß eben allgemein eine Neigung bald zu dieser oder zu jener Seuche bestehe, deren Ausbruch durch die jeweilige Konstellation der Naturerscheinungen begünstigt werde. Es ist verständlich, daß diese neuen, für Beweise unzugänglichen Vorstellungen keine befriedigende Klärung der Fragen erbrachten. Trotzdem vermochten sie sich vorübergehend einen weiten Raum im ärztlichen Denken und Handeln zu erobern.

Doch durch das Auftreten der Cholera in Europa um 1840 und die Zunahme der Pestepidemien im Orient und die damit drohende Verschleppung nach Europa wurden die alten Probleme um das Auffinden faßbarer Ursachen erneut ins Leben gerufen. Man erinnerte sich der frühen Vermutung, daß ein Zusammenhang bestehen müsse zwischen Zersetzungsprozessen in der Natur und Krankheiten. Schon 1663 hatte Robert Boyle eine eindeutige Stellung zu dieser Frage bezogen, wenn er rät, man möge sich um das Verständnis der Beschaffenheit und Wirkungsweise der Fermente bemühen, "denn die Krankheitserscheinungen werden vielleicht nie genau verstanden ohne Einblick in die Lehre der Gärungsvorgänge". Durch die Weiterentwicklung der Vergrößerungstechnik in Gestalt des zusammengesetzten Mikroskops durch Chevalier und Vincent um 1820 und der Einführung achromatischer Linsensysteme um 1824 wurde ein weiterer Weg geöffnet, in die Welt der Mikroorganismen vorzudringen. Entdeckungen wie die der Krätzemilbe um 1834 und vieler Pilze, wie z.B. des Favuspilzes durch Schönlein 1839, des Soorpilzes durch Langenbeck, Berg und Gruby zwischen 1839 und 1842, des Trichophytiepilzes durch Gruby 1843 und des Pilzes der Pityriasis versicolor durch Eichstedt im Jahre 1846 ermutigten zur Fortführung der Bemühungen.

So setzt sich Jakob Henle 1840 in seiner Schrift "Von den Miasmen und Kontagien" noch einmal ausführlich mit der Frage nach der Natur der krankheitserzeugenden Substanzen auseinander und plädiert in eindringlicher Weise für das "Contagium animatum". Er definiert: "Die Materie der Kontagien ist nicht nur eine organische, sondern auch eine belebte und zwar mit individuellem Leben begabte, die zu dem kranken Körper im Verhältnis eines parasitischen Organismus steht." Als Gründe, die das individuelle Leben der Kontagien beweisen würden, führt er an: 1) "die Fähigkeit, sich durch Assimilation fremder Stoffe zu vermehren", 2) "die Abhängigkeit der Wirkung eines Minimums an kontagiöser Substanz von deren Vermehrungsfähigkeit" und 3) "den genau typischen Verlauf der miasmatisch-kontagiösen Krankheiten und die Verhältnisse im Verlauf der entsprechenden Epidemien selbst, die für eine selbständige zeitliche Entwicklung der Krankheitsursache zu sprechen scheinen, wie sie nur organischen Wesen zukommt". Mit besonderem Nachdruck weist er darauf hin, "daß es nach unserer Theorie nicht die Krankheit, sondern die Krankheitsursache ist, welche sich fortpflanzt." Den Kernpunkt dieser Veröffentlichung bildet die kühne Logik seiner folgenden Überlegung: "Es breiten sich Epidemien meist auf doppeltem Wege aus, miasmatisch und kontagiös. Wenn man nun sieht, wie dieselbe Krankheit hier durch Miasma, dort durch Kontagium erzeugt wird, sollte man nicht sich bewogen fühlen, beides, Miasma und Kontagium als identische Stoffe zu fassen?" Und so entsteht der Begriff der "infizierenden Materie", die Miasma und Kontagium in sich vereinigt und die für jede spezifische Krankheit immer dieselbe sein müsse. Um diese völlig neue Ansicht zum Beweis und damit zur Anerkennung in Fachkreisen zu führen, beschreibt Henle in seiner Arbeit "Über Ansteckung und Seuche" Wege und Möglichkeiten, die Existenz spezifischer Krankheitserreger mit den von ihm geforderten Eigenschaften nachzuweisen. Zusammenfassend stellt er drei Kriterien auf, die in jedem entsprechenden Falle erforderlich und anwendbar seien und verlangt 1) das nachweisliche Vorhandensein des verdächtigen Organismus in jedem spezifischen Krankheitsfalle, aber nicht in einem anderen, 2) die Isolierung des Organismus in Reinkultur und 3) die Demonstration, daß die Reinkultur fähig sei, die

Krankheit zu reproduzieren. Damit hatte Henle im Wesentlichen die theoretischen Grundlagen für das systematische Auffinden und Differenzieren von Krankheitserregern geschaffen, welche 40 Jahre später von seinem Schüler Robert Koch benützt wurden zur Bestimmung der Ätiologie von Erkrankungen.

Auch zur Theorie der Zersetzungsvorgänge lieferte Henle einen Beitrag, indem er das Wissen der Zeit in klare Definitionen zusammenfaßte. So beschreibt er die Gärung als "Zersetzung einer organischen Flüssigkeit durch pflanzliche Wesen, niedere Pilze, welche auf Kosten Stickstoff- und Zuckerhaltiger Flüssigkeiten wachsen, sich vermehren und dabei den Zucker zersetzen." Mit Theodor Schwann (1839) sieht er in der Hefe lebende Teile des Fadenpilzes und weist auf Leeuwenhoecks Irrtum hin, welcher die Hefe als "Sal aceti", als Kristalle betrachtete. Auch Fäulnis sei "nicht ein bloßes Zerfallen der organischen Materie in ihre Elemente, sondern ebenfalls eine Umwandlung derselben durch Infusorien." Schließlich blieb es Louis Pasteur (1863) vorbehalten, die Theorie der Gärung, wie sie von Schwann und Cagniard-Latour (1837) aufgestellt worden war, durch zahlreiche Experimente und sorgfältige Untersuchungen zu bestätigen und somit den Meinungsstreit mit Justus Liebig für sich zu entscheiden. Liebig war der Ansicht, daß der Gärungsprozeß durch zerfallende Stickstoff-Substanzen ausgelöst werde und die Hefe nur insofern daran beteiligt sei, als sie bei ihrem Absterben solche gärungserregenden Stickstoff-Substanzen liefere. Pasteur konnte jedoch anhand der Milchsäure-, Buttersäure-, Essigsäure- und Weinsäuregärung und auch bei der Harnstoffzersetzung die ursächliche Wirkung lebender Mikroben beweisen und sowohl Gärung als auch Fäulnis als eine Zersetzung organischen Materials infolge der Lebensvorgänge von Mikroorganismen erklären. Diese Kleinlebewesen seien in großer Zahl in der Luft enthalten und könnten mit ihr überall hingelangen. Damit war auch zugleich eine Antwort gefunden auf die Fragen, die aus der Beobachtung entsprangen, daß organische Stoffe selbst an der atmosphärischen Luft weder gären, noch faulen noch schimmeln könnten, wenn sie ausgekocht wären und die Luft, die ihnen zugeleitet werde, ausgeglüht sei.

Diese neue Erkenntnis sollte nicht ohne Auswirkung auf das Gebiet der Seuchenbekämpfung bleiben. Sah man zuvor im üblen Geruch und in Ausdünstungen von Zersetzungsvorgängen die krankmachende Komponente, - noch 1860 machten Murchison und Griesinger nicht wahrnehmbare, giftige Bestandteile der Kloakengase verantwortlich für die Entstehung des Abdominaltyphus! - so schien sich jetzt ein geradliniger Weg zur Auffindung der wahren Ursachen abzuzeichnen.

Da man, wie schon mehrmals betont, schlechte Gerüche und damit Zersetzung jeder Art in engen Zusammenhang mit Krankheitserscheinungen brachte, bezweckten die Maßnahmen zur Seuchenbekämpfung hauptsächlich eine Desodorisierung und wo möglich eine Vertilgung aller Prozesse, die mit Fäulnis und Gärung einhergingen. Aromatische Öle, Wein und Essig hatten sich viele Jahrhunderte lang als Konservierungsmittel bewährt, und die Anwendung von Schwefeldämpfen und hoher Hitzegrade sind schon seit dem Altertum bekannt. Erst die Entwicklung der Chemie und mit ihr die Darstellung der verschiedenen Elemente und ihrer Verbindungen eröffneten neue Wege. So erfahren wir erstmals 1775 vom Gebrauch von Chlorgas durch Guyton de Morveau zur Beseitigung des Leichengeruches in der Kirche von Dijon. 1825 weist Labarraque auf die gute Wirkung von chlorierter Sodalösung bei der Versorgung infizierter Wunden hin und empfiehlt sie für die allgemeine Desinfektion. Alcock führt sie 1827 in England ein, wo sie besonders bei der Trinkwasserreinigung Verwendung findet. Zur gleichen Zeit dient sie in Frankreich zur Händedesinfektion und als wichtiges Hilfsmittel bei der Behandlung der Gangrän.

Obwohl schon Robert Collins (1829), Oliver Wendell Holmes (1830) und Eisenmann (1837) Lösungen von Chlorverbindungen zur Bekämpfung von Kindbettfieberepidemien empfahlen und benutzten und Holmes die Vermutung aussprach, daß die Infektion durch Schwestern von kranken Patientinnen auf gesunde übertragen werde, war doch erst die streng systematische Arbeit von Ignaz Philipp Semmelweis erforderlich, um den Infektionsweg und den Nutzen einer regelmäßigen Desinfektion der Hände klarzustellen.

In seiner Schrift "Ätiologie, Begriff und Prophylaxis des Kindbettfiebers" (1861) gibt Semmelweis eine sorgfältig zusammengestellte Analyse der Ergebnisse seiner Untersuchungen und Beobachtungen, die er im großen Gebärhause in Wien in den Jahren 1847 bis 1849 anstellte. Gegen welche festgefügte Welt von Vorstellungen Semmelweis mit seinen nüchternen Erfahrungen und Tatsachen stieß, zeigt er selbst, wenn er schreibt: "Vom ersten medizinischen Schriftsteller, von Hippokrates, angefangen bis auf die neueste Zeit war es die unangefochtene Überzeugung der Ärzte aller Zeiten, daß die furchtbaren Verheerungen, welche das Kindbettfieber unter den Wöchnerinnen anrichtete, epidemischen, das heißt atmosphärisch - kosmisch - tellurischen Einflüssen zuzuschreiben seien, das heißt Einflüssen, welche jeder Wirksamkeit des Arztes entzogen, ihre verheerenden Wirkungen ganz unbeirrt und unaufhaltsam äußern." So sind sein Mut und seine Offenheit bewunderungswürdig, wenn er seine "unerschütterliche Überzeugung" dahin ausspricht, "daß es keine epidemischen Einflüsse gibt und auch nie gegeben hat, welche das Kindbettfieber hervorzubringen imstande wären, und daß die endlose Reihe der Epidemien, wie solche in der medizinischen Literatur aufgezählt werden, sämtlich verhütbare Infektionsfälle von außen waren, das heißt, sämtliche Erkrankungen dadurch entstanden, daß den Individuen ein zersetzter tierisch-organischer Stoff von außen eingebracht wurde." Als Träger dieses zersetzten Stoffes betrachtet er "den untersuchenden Finger, die operierende Hand, die Instrumente, die Bettwäsche, die atmosphärische Luft, mit einem Wort: Träger des zersetzten Stoffes kann alles dasjenige sein, welches mit einem zersetzten Stoff verunreinigt ist." Der Todesfall des befreundeten Pathologen Kolletschka, der sich bei einer Sektion verletzte und an den Folgen einer Sepsis verstarb, sowie das eingehende vergleichende Studium des Sektionsbefundes an Kindbettfieber verstorbener Wöchnerinnen und an Pyämie Verstorbener ermutigten Semmelweis zu einer weiteren Folgerung: "Das Kindbettfieber ist dieselbe Krankheit, wie wenn männlichen und weiblichen Individuen ein zersetzter Stoff in den Kreislauf gebracht wird." Die Infektionsstoffe könnten jedoch nicht durch die intakte Epidermis hindurch resorbiert werden, sondern

erst Epithelläsionen ermöglichten das Angehen der Infektion. Bei Schwangeren, Kreißenden und Wöchnerinnen seien dies die innere Fläche des Uterus und die vielfältigen Geburtsverletzungen. Damit stehen die Ätiologie und der Begriff des Kindbettfiebers als "unumstößliche Wahrheit" fest. Die "Prophylaxis" sieht Semmelweis in der Notwendigkeit, die Hände zu desinfizieren und fordert: "Die Hand muß mit Seife gewaschen und dann der Einwirkung eines chemischen Agens ausgesetzt werden, welches geeignet ist, den nicht entfernten zersetzten Stoff zu zerstören. Wir bedienen uns des Chlorkalks und waschen uns so lange, bis die Hand schlüpfrig wird." Außer der Desinfektion der Hände müßten aber auch alle Gegenstände, "welche mit zersetzten Stoffen verunreinigt sind, entweder desinfiziert oder außer Verwendung gebracht werden."

20 Jahre, nachdem Semmelweis begonnen hatte, Chlorkalk systematisch zur Desinfektion insbesondere der Hände in der Geburtshilfe zu verwenden, begann Joseph Lister um 1867, die Phenyl- oder Karbolsäure in die Chirurgie einzuführen. 1834 als Produkt bei der Steinkohlendestillation entdeckt, wurde sie zunächst in der Hauptsache zur Desodorierung von Abortgruben und Abwasseranlagen benutzt. 1860 empfahl sie jedoch Küchenmeister als Desinfiziens anstelle von Chlorlösungen, und im selben Jahr fand sie erstmals Anwendung bei der Wundbehandlung durch Lemaire. Durch die hohe Sterblichkeit bei komplizierten Frakturen beunruhigt, - sie betrug zeitweise nahezu 50 % ! - suchte Joseph Lister nach den Ursachen, die "die Fäulnis von Wunden" erklären könnten. Voll Begeisterung nimmt er die Veröffentlichungen der Keimtheorie der Fäulnis von Pasteur auf und findet in ihnen das fehlende Glied in der Kette seiner Überlegungen. In seiner Schrift "Das antiseptische Prinzip in der chirurgischen Praxis" von 1867 berichtet Lister: "Pasteurs Untersuchungen haben gezeigt, daß die septische Beschaffenheit nicht vom Sauerstoff oder von irgendwelchen gasartigen Bestandteilen der Luft abhängig ist, sondern von winzigen Organismen, die in der Luft schweben und die ihre Wirksamkeit ihrer Lebenstätigkeit verdanken. Da kam mir der Gedanke, daß die Zersetzung in einem verletzten Teil, ohne die

Luft auszuschließen, dadurch möchte verhindert werden können, daß man zum Verbande einen Stoff benützt, der imstande wäre, diese schwebenden Partikel abzutöten. Der Stoff, den ich anwendete, ist Karbol- oder Phenylsäure, ein flüchtiger organischer Körper, der einen besonders starken zerstörenden Einfluß auf niedere Lebensformen auszuüben scheint und aus diesem Grunde das stärkste antiseptische Mittel ist, was wir zur Zeit besitzen." In seinem "Vortrag über die antiseptische Behandlungsmethode in der Chirurgie", der 1868/69 veröffentlicht wird, teilt Lister die günstigen Eigenschaften der Karbolsäure mit, die sie für die Anwendung in der Chirurgie geradezu ideal erscheinen ließen. Er sagt: "Die Karbolsäure ist ein höchst wirksames Gift für die niederen Lebewesen, die die Fäulnis bedingen und behält diese Kraft auch noch in so hoher Verdünnung, daß sie auf die Gewebe des menschlichen Körpers fast keine Reizung mehr ausübt. Sie ist flüchtig,und auch ihre Dämpfe üben noch eine starke antiseptische Wirkung auf die Luft aus. Ihr außerordentlich lindernder Einfluß auf schmerzhafte Wunden rechtfertigt ihre Anwendung als lokales Anaesthetikum, und schließlich ermöglicht ihre gute Löslichkeit in verschiedenen Flüssigkeiten wie in Wasser, Ölen usw. eine vielseitige Verwendbarkeit." Anhand zahlreicher, aus der Praxis gegriffener Beispiele erläutert Lister seine erfolgreichen Erfahrungen - ohne jedoch gelegentliche Mißerfolge und deren Analyse zu verschweigen - und gibt genaue Anweisungen über die Art der Applikation. So nimmt er konzentrierte Karbolsäure nur zum Austouchieren von Wunden. Kleinere Wunden werden mit in Karbolsäure getränktem Lint bedeckt, mit einer dünnen Zinnkappe gegen Austrocknung geschützt und täglich frisch befeuchtet. Zur Behandlung sehr großer Wunden empfiehlt er "eine Paste aus Schlemmkreide und einer Lösung von 1 Teil Karbolsäure in 4 Teilen gekochten Leinöls." Eine Lösung von Karbolsäure in 20 Teilen Wasser sei ein "mildes und reinliches Mittel, das in zuverlässiger Weise alle septischen Keime zerstört, die bei der Ausführung einer Operation auf die Wunde fallen können." Diese Lösung dient auch zur Instrumentendesinfektion. Zur Entkeimung der Luft benützt er seit 1870 den Karbolsäurespray, verläßt aber dieses Verfahren wieder um 1890. - Über die Zusammensetzung und die Art, wie

der - bald nach ihm benannte - Verband angelegt werden sollte, gibt Lister ebenfalls präzise Vorschriften, die lange Zeit in oft geradezu pedantischer Weise eingehalten wurden. So bestand der "Lister'sche Verband" aus einer achtfachen Lage antiseptischer Gaze, die mit einer Mischung aus Karbolsäure, Harz und Paraffin getränkt war und mit einer Einlage von Mackintoshstoff und einem Stückchen feinen Wachstafet als Protektiv die Wunde bedeckte.

Mit seiner neuen Lehre stieß Lister jedoch zunächst in England auf große Zurückhaltung. Ihre begeisterte Aufnahme in Deutschland ist wohl in erster Linie R. Volkmann zuzuschreiben, der seine Erfolge bei der Anwendung dieser speziellen Methode in recht anschaulicher und überzeugender Weise veröffentlichte. Erst die von Deutschland zurücklaufende Welle vermochte das allgemeine Interesse in England zu wecken und die Widerstände zu brechen.

Wirft man nun einen Blick zurück auf den Weg durch die Jahrhunderte, der durch all die vorgenannten und noch weit mehr nicht erwähnten, ernsthaften Versuche gekennzeichnet ist, das Wesen der Seuchen und Krankheiten überhaupt zu erfassen, um damit die Grundlagen für eine aktive kausale Therapie - das Ziel allen ärztlichen Bemühens - zu gewinnen, so erkennt man darin eine stetige Entwicklung. Neue Beobachtungen, Erfahrungen und Erkenntnisse lösen übernommenes Gedankengut ab, und alte Wahrheiten bewähren sich in den Stürmen des Fortschreitens. Es treten wohl größere und kleinere Ruhepausen ein, aber nie behält die Resignation die Oberhand, sondern der zähe Glaube und Wille, eines Tages das Ziel zu erreichen, erwachsen immer wieder aus der Einsicht in die Notwendigkeit der Selbstbehauptung. So durchläuft die Entwicklung abwechselnd Tief- und Höhepunkte, aber die Tendenz ist die des crescendo. Waren die ersten Versuche im wesentlichen auf die Empirie - und auch Phantasie - gestützt, so beginnt sich im 19. Jahrhundert das Arbeiten nach den strengen Prinzipien objektiv nachweisbarer Tatsachen anzubahnen; das Zeitalter der wissenschaftlichen Forschung nimmt seinen Anfang. Weltweites Interesse, Neugierde und Aufgeschlossenheit gegenüber allen Erscheinungen der Natur und des Geistes

und ein tiefes Begreifenwollen der Zusammenhänge begründen die neue Haltung und finden ihren Ausdruck in der Nutzung, Ergänzung und Weiterentwicklung sämtlicher bis dahin erworbener Kenntnisse und technischer Möglichkeiten. Der rege Austausch zwischen den verschiedenen Wissensgebieten erweist sich als außerordentlich fruchtbar und führt zur Mitteilung der neuesten Ergebnisse in Form regelmäßig erscheinender Fachzeitschriften.

Für die Medizin ist diese Zeit des allgemeinen Aufbruches unlöslich mit dem Namen Robert Koch verknüpft. War das Interesse schon seit 1870 besonders auf die Erforschung von Wundinfektionen gerichtet und auch der Nachweis von Bakterien im Eiter bei Verwundeten durch Klebs um 1870/71 und in Erweichungsherden des Herzmuskels sowie in Organmetastasen bei Pyämie und Puerperalfieber durch von Recklinghausen und Waldeyer um 1871 gelungen, so bleib es doch Robert Koch vorbehalten, die Bedingungen für den sicheren Nachweis von Bakterien als Krankheitserreger in Form seiner Postulate festzulegen und an vielen Beispielen zu erfüllen. So fordert er: "die parasitischen Mikroorganismen in allen Fällen der betreffenden Krankheit aufzufinden, sie ferner in solcher Menge und Verteilung nachzuweisen, daß alle Krankheitserscheinungen dadurch Erklärung finden und schließlich für jede einzelne Infektionskrankheit einen morphologisch wohlcharakterisierten Mikroorganismus als Parasiten festzustellen." Für die Isolierung einer bestimmten Bakterienart aus einem Gemisch zieht er als Erster den Tierversuch heran, wie auch für die Trennung zweier pathogener Mikroorganismen und für den Pathogenitätsnachweis bestimmter Bakterien. Außerdem entwickelt er eine Methode zur Reinzüchtung gewisser Bakterienstämme in vitro, indem er feste Nährböden aus Kartoffelextrakten und Gelatine mit Zusätzen wie Humor aqueus, Serum und Fleischextrakten bereitet. Unter seiner Leitung werden die Fleischwasserpeptongelatine durch Loeffler und der Agarnährboden durch Frau Hesse in die Laboratoriumstechnik eingeführt. Auf ihn gehen die Methode der Färbung mikroskopischer Präparate mit Anilinfarben und die Einführung der Photographie der Bakterien um 1877 und der homogenen Immersion mit dem Abbe'schen Beleuchtungsapparat um 1878 zurück.

Damit hat Robert Koch die Grundlagen und das Rüstzeug für die Bakteriologie und die wissenschaftlich begründete Methodik für die Erforschung der Ätiologie von Infektionskrankheiten geschaffen. Zugleich aber leitet er eine neue Ära der Seuchenbekämpfung ein, denn die zahlreichen, vor Koch unternommenen Versuche gleichen Feldzügen, die mit bewunderungswürdigem Mut und großer Konsequenz gegen unbekannte Gegner geführt wurden. Nachdem sich aber die vagen Vermutungen über das "Contagium vivum und Miasma", über "die infizierte Materie und die zersetzten Stoffe" im Nachweis der belebten spezifischen Krankheitserreger geklärt hatten, war es möglich geworden, sich für den Kampf gegen eine bekannte Gefahr zu rüsten und die alten Arsenale nach bereits bewährten Waffen zu durchstöbern und neue, auf die Taktik und besonderen Eigenheiten des Feindes abgestimmte Waffen zu entwickeln.

Begriffsbestimmung

Ehe man sich daran macht, eine Arbeit aufzunehmen, ist es von grundlegender Bedeutung, sich die Möglichkeiten und die Grenzen des Erreichbaren vor Augen zu halten und danach das erstrebte Ziel abzustecken. Für das Gebiet der Seuchenbekämpfung heißt dies, verbindliche Begriffe zu schaffen, die die Reichweite und den Zweck der Bemühungen klar umreißen und festlegen. - Nachdem Rudolf Virchow den Begriff der Infektionskrankheiten geprägt hatte und seither darunter sämtliche Erkrankungen verstanden werden, die durch Mikroorganismen verursacht sind, gelten alle Maßnahmen zu deren Verhütung und Bekämpfung in erster Linie der Vernichtung oder zumindest der so weitgehenden Beeinträchtigung der Erreger, daß diese ihre schädigende Potenz für den Wirtsorganismus verlieren. Damit ist der Problemkreis der modernen Seuchenbekämpfung eröffnet, und es gilt nun, anhand einiger grundsätzlicher Definitionen den derzeitigen Stand der Bemühungen und die vielfältigen Schwierigkeiten zu beleuchten.

Zur Verhütung von Infektionen stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten zur Verfügung: erstens die Sterilisation und zweitens die Desinfektion. Unter Sterilisation versteht man - einer Erklärung des DAB folgend - alle Maßnahmen, die eine völlige Entkeimung zum Ziele haben. Diese kann auf zweifachem Wege erreicht werden, nämlich einmal durch die sogenannte "mechanische Sterilisation", wobei die Mikroorganismen selbst keinerlei Schädigung erfahren, sondern lediglich mit den Methoden der Keimabtrennung aus dem zu entkeimenden Substrat entfernt werden. Zum zweiten bewirkt die "physikalische Sterilisation" durch physikalische, in der Regel thermische Einflüsse das Absterben der Keime, deren Leichen bzw. Asche in dem sterilisierten Substrat verbleiben. Während sich die mechanische Sterilisation naturgemäß nur bei Gasen und Flüssigkeiten verwirklichen läßt, erstreckt sich das Anwendungsgebiet bei der physikalischen Sterilisation auch auf alle festen Gegenstände, die gegen sehr hohe Temperaturen und gegen sonstige physikalische Einwirkungen unempfindlich sind.

Wurde die Bedeutung des Begriffes "Sterilisation" schon früh in ihrer Gesamtheit ausgesprochen und festgelegt, so bereitete im Gegensatz dazu die Definition des Begriffes "Desinfektion" manche Schwierigkeiten. Wievielen persönlichen Meinungen sie unterworfen war, zeigt ein Blick in einige Hygienelehrbücher. So schreibt z.B. Grassberger: "Seit Koch bezeichnet man das Unschädlichmachen der lebenden Krankheitserreger als Desinfektion. Die Desinfektionsverfahren erstreben im wesentlichen ein Absterben der Krankheitserreger." Zeiss und Rodenwaldt führen an: "Durch die Entseuchung (Desinfektion) will man Krankheitserreger in der Umgebung von Menschen und Tieren und in deren Ausscheidungen schnell und sicher vollständig abtöten oder zum mindesten in ihrer Entwicklung und Verbreitung hemmen." Auch Kliewe äußert: "Bei der Desinfektion werden die Krankheitserreger in einen solchen Zustand versetzt, daß sie keinen Schaden mehr anstiften können. Eine Abtötung ist dabei nicht erforderlich, es genügt bereits eine so starke Schädigung, daß sie nicht mehr infizieren können." Rainer Müller schließt sich dieser Ansicht an und sagt: "Desinfektion ist die Beseitigung von Infektionsgefahr, also Unschädlichmachen der Krankheitserreger. Theoretisch ist zur Entseuchung nicht einmal ein Töten der Erreger erforderlich, wenn diese nur in ihrer Entwicklung gehemmt oder ihrer krankmachenden Eigenschaften beraubt, nicht mehr virulent sind." Und schließlich definieren Lautenschläger und Schmidt: "Desinfizieren heißt: einen Gegenstand in einen Zustand versetzen, daß er nicht mehr infizieren, d.h. anstecken kann."

Man ist sich darin einig, daß sich die Desinfektion ausschließlich auf lebende pathogene Mikroorganismen zu erstrecken hat und diese in ihrer Eigenschaft als Krankheitserzeuger ausgeschaltet werden müssen. Für die Art und Weise, in welcher solches geschehen soll, bleibt jedoch ein weiter Spielraum. Die ultimative Forderung nach völliger Vernichtung der Krankheitserreger wird abgemildert durch den Einwand, daß ja bereits die Einbuße der Virulenz der Keime genüge, um das Ausbrechen einer Infektion zu verhüten. Und da die Pathogenität in engem Zusammenhang mit der Vermehrungsfähigkeit steht, sieht man das

Ziel der Desinfektion in dem Ereignis der Bakteriostase. Dieser Begriff ist seit Rober Koch gleichbedeutend mit Entwicklungshemmung, und man versteht darunter eine Störung des Wachstums und zugleich der Fortpflanzung der Bakterien, nachdem die Schädigung sowohl in den Bau- als auch in den Betriebstoffwechsel der Zelle eingreift. Eine andere Definition sieht in der "Entwicklungshemmung" lediglich "die Unterdrückung der Keimvermehrung durch irgendwelche untertödliche Grade von Schädlichkeiten, die in einem sonst als Nährboden voll geeigneten Medium dauernd bestehen." Ein "abgeschwächtes oder verzögertes Wachstum von Keimen nach geschehenen schädlichen Einwirkungen" wird darin als "Entwicklungsbehinderung" bezeichnet. Daraus folgernd kann sich die Bakteriostase einerseits isoliert als Behinderung - sprich Wachstumsstörung - oder aber als Hemmung - sprich Fortpflanzungsstörung - der Entwicklung von Mikroorganismen darstellen. - An dieser Stelle sei ein Hinweis auf die recht unglückliche Wahl der Begriffe Entwicklungsbehinderung und Hemmung gestattet, denn sie vermögen nicht die wohldifferenzierte Bedeutung zu charakterisieren, die ihnen beigegeben ist. Klare Bezeichnungen wie Wachstums- und Vermehrungshemmung bzw. -Behinderung hätten von vornherein Mißverständnisse ausschließen können. -

Zum besseren Verständnis der Vorgänge, die sich bei der Einwirkung einer Noxe auf Bakterien abspielen, sollen folgende Bemerkungen dienen. Auf Grund von Untersuchungen und Beobachtungen an geschädigten Mikroorganismen handelt es sich bei der Einwirkung antibakterieller Substanzen einmal um Vorgänge an der Bakterienmembran und zum anderen um Reaktionen im Zellinneren. Alle Einflüsse spielen sich bei den Bakterien zuerst an ihrer Membran ab, die auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften wie z.B.: elektrische Ladung und Adsorptionsvermögen, spezifisches Eiweißgerüst und Permeabilität ... eine natürliche Schranke bildet. Dieser Schutzwall kann jedoch durchbrochen werden von Substanzen, die speziell gegen eine oder mehrere dieser Eigenschaften gerichtet sind wie - um im vorgenannten Beispiel zu bleiben - oberflächenaktive und eiweißfällende Stoffe. Dabei kommt es zu einer Schädigung der Zelle infolge Behinderung

der Sauerstoff-Aufnahme oder infolge einer Änderung der Permeabilitätsverhältnisse, wodurch das Eindringen des schädlichen Agens ins Zellinnere ermöglicht wird. Hier tritt es mit den Chemoreceptoren in Reaktion und greift somit in das Stoffwechselgeschehen der Zelle ein. Zum Wachstum und zu ihrer Vermehrung, das heißt zur Eiweißsynthese brauchen die Mikroorganismen eine beständige Zufuhr von chemischer Energie, die aus fermentativen assimilatorischen und dissimilatorischen Prozessen gewonnen wird. Werden diese nun an irgend einer Stelle unterbrochen, so leidet die Lebensfähigkeit der Zelle. Vielfach betrifft die antibakterielle Noxe größere Komplexe des Bakterienleibes, so daß sowohl das Wachstum als auch die Vermehrungstätigkeit gestört werden. Es scheint jedoch, daß das Vermögen der Reproduktion die empfindlichste Zellfunktion der Mikroorganismen darstellt und daß bakterienfeindliche Stoffe in erster Linie die Vorgänge bei der Mitose unterbinden und erst bei höherer Konzentration in das Gefüge der Redoxsysteme und damit in den Baustoffwechsel eingreifen. So ist es möglich, daß eine Zelle noch weiterlebt, obwohl sie bereits aufgehört hat, sich zu vermehren.

Diese Feststellungen können unser Bild von den Veränderungen, die unter dem Begriff der Bakteriostase verstanden sein wollen, vertiefen. Es wird deutlich daraus, daß sich die antibakterielle Wirkung chemischer Substanzen zunächst in einer Störung der Lebensvorgänge der Einzeller erweist, die unter günstigen Bedingungen wieder rückgängig gemacht werden kann, also reversibel ist. Solche Bedingungen sind: Änderung der Wasserstoffionenkonzentration des umgebenden Milieus, Entfernung des antibakteriellen Agens, Zusatz von Stoffen mit großer Affinität zum antibakteriellen Agens (z.B.: Neutralisation von Sublimat mit löslichen Schwefelverbindungen), Änderung der Temperaturverhältnisse und andere mehr. Bleibt jedoch der schädliche Einfluß erhalten oder wird dieser verstärkt, so kommt es nach anfänglicher Verlangsamung von Vermehrung und Wachstum zu deren Stillstand und schließlich zum Absterben des Organismus, und der reversible Prozeß der Bakteriostase geht in den irreversiblen Zustand der Baktericidie über. Dieser Übergang ist

aber häufig gleitend und kann unter Umständen auf beliebig vielen Zwischenstationen unterbrochen und aufgehalten werden. Wann Bakterien tot sind, ist daher gelegentlich schwer festzustellen, und eine exakte Trennung zwischen rein bakteriostatischer und rein baktericider Wirkung einer Substanz ist oft schwierig, denn nach Lautenschläger und Schmidt ist die Erscheinung, daß eine Kultur auf geeignetem Nährboden nicht mehr angeht, kein absolut sicheres Kriterium für den eingetretenen Tod. Umstände, die den "Scheintod" von Bakterien vortäuschen können, sind nach ihrer Beschreibung folgende: 1) eine starke Verlängerung von Inkubationsstadium und Generationsdauer, 2) die noch verbleibende Fermenttätigkeit kann durch die bei der Weiterzüchtung erfolgende Verdünnung der Ausgangskultur gehemmt werden, 3) können nur noch so wenige Bakterien vorhanden sein, daß ihre Einsaat zum Anwachsen nicht ausreicht und 4) kann die intensive Adsorption eines Mittels so lange bakteriostatisch wirken, bis der Vorgang durch spezifische Maßnahmen reversibel gemacht wird. Für die Praxis hat man sich jedoch darauf geeinigt, einen Mikroorganismus dann als tot zu betrachten, wenn er irreversibel seine Fähigkeit, nach Überpflanzung in ein geeignetes frisches Medium zu wachsen und sich zu vermehren, verloren hat. Mit anderen Worten: der Verlust der Subkulturfähigkeit von Bakterien ist gleichbedeutend mit dem Ereignis der Baktericidie.

Die eben mitgeteilten Beobachtungen gelten in der Hauptsache für die Anwendung chemischer Desinfektionsmittel, das heißt für das Gebiet der allgemeinen "äußeren" Desinfektion. Bis zu einem gewissen Grade ähnliche Verhältnisse finden sich aber auch bei der sogenannten "inneren" Desinfektion, die durch die Einführung der Sulfonamide und Antibiotika in die moderne Therapie der Infektionskrankheiten gekennzeichnet ist. Die Sulfonamide und Antibiotika sind nach Neufeld chemische Stoffe, für die eine starke virulenzabschwächende Wirkung sowohl in vitro als auch in vivo nachgewiesen werden konnte. Ihre Heilwirkung beruht wohl im wesentlichen darauf, daß sie die Erreger durch Bakteriostase zur Phagocytose vorbereiten, wenn auch daneben eine Abtötung in beschränktem Umfange eine Rolle

spielen mag. Der Begriff Bakteriostase bedeutet in diesem Zusammenhang jedoch etwas völlig anderes, nämlich "die Fähigkeit einer Substanz, die wachsende Kultur in ihrer Vermehrung zwar zu hemmen, aber die Keimzahl bleibt konstant und die Subkulturfähigkeit erhalten" (Grün), während die Bakteriostase durch Einwirkung eines chemischen Desinfektionsmittels bereits als Absterbeprozeß angesehen werden kann, der zwar anfänglich noch zum Stillstand zu bringen ist, wenn der Zelle die nötigen Bedingungen geboten werden, sich zu erholen. - Die Beseitigung der in ihrer Entwicklung gehemmten Keime erfolgt bei der Therapie durch die natürlichen Abwehrkräfte des Organismus, insbesondere durch die Phagocytose. Bei der äußeren Desinfektion kann diesen Vorgängen jedoch keine unterstützende Wirkung beigemessen werden.

Aus alledem ergibt sich die Notwendigkeit für eine straffe Definition des Begriffes Desinfektion. Bereits Robert Koch hat sich zu diesem Problem in seiner Schrift "Über Desinfektion" (1881) in eindeutiger Weise geäußert: "Über die Frage, ob die Wirkung eines Desinfektionsmittels schon dann als ausreichend anzusehen sein soll, wenn es die Weiterentwicklung der Mikroorganismen hemmt, ihr Wachstum und sonstige Lebensäußerungen nur lahm legt, oder erst dann, wenn alles Lebende und dessen Keime, aus denen sich neues Leben entwickeln könnte, vollständig vernichtet sind, darüber scheint niemals eine Meinungsdifferenz geherrscht zu haben. Man hat sich stets für die letztere Alternative entschieden und das gewiß mit Recht." Nachdem es sich erwiesen hat, daß Wachstumshemmung und reversible Schädigung der Keime nicht mit ausreichender Sicherheit zur Verhütung von Infektionen führen können, bleibt die Forderung nach Abtötung der Krankheitserreger nach wie vor als sinnvoll und einzig zu verantwortende Schutzmaßnahme erhalten. Die Definition "Desinfektion ist die Abtötung der Erreger übertragbarer, ansteckender Krankheiten" (Grün) hat damit ihre vollgültige Berechtigung.

Zur Desinfektion in praxi - speziell Händedesinfektion

Wirft man nun einen Blick auf die Praxis der Desinfektion und hierbei insbesondere auf die Desinfektion der Hände, so erkennt man rasch zahlreiche Besonderheiten, welche den Erfolg des Unternehmens weitgehend bestimmen. Der normalen Haut des Menschen sind auf Grund ihrer Beschaffenheit besondere Aufgaben im Dienste der Gesunderhaltung des Gesamtorganismus übertragen. So kommt ihr neben der Funktion als Sinnesorgan und Wärmeregulator eine große Bedeutung als Exkretionsorgan und als Schutzhülle gegen schädliche Einflüsse der Außenwelt zu. Durch die Ausscheidung von Talg und Schweiß mit Hilfe spezifischer Drüsen wird die gesamte Körperoberfläche von einem feinen Film überzogen. Schade und Marchionini haben ihn 1928 als "Säureschutzmantel" bezeichnet, nachdem sie feststellen konnten, daß sich durch Verdünsten des Schweißes, der neben Kohlehydraten, Eiweißsubstanzen und anorganischen Salzen auch Fettsäuren gelöst enthält, eine relativ starke Säurekonzentration entwickelt, die mit einem pH zwischen 3 - 6 angegeben wird. Die wichtigste Aufgabe dieses Säuremantels sieht Neufeld im Abwehrschutz gegen die Mikroorganismen der Umwelt. Tatsächlich konnte bestimmten Fettsäuren eine germicide Wirkung nachgewiesen werden. Außerdem übe er wohl einen gewissen Einfluß auf den normalen Verhornungsmechanismus aus. - Der ungestörte Ablauf der Verhornungsvorgänge spielt nach Beobachtungen von Vierthaler eine nicht unwesentliche Rolle für die Funktionstüchtigkeit der Haut als Abwehrorgan. Neben den Fettsubstanzen der Sekrete fand man das sogenannte "Zellfett" (Unna), welches gleichzeitig mit der Verhornung der obersten Epidermisschichten auftritt und auch als "Hornfett" bezeichnet wird. Es steht dem tierischen Wollfett nahe und ist reich an Cholesterinestern, die wegen ihrer Wasseraufnahmefähigkeit bei gleichzeitiger Wasserundurchlässigkeit eine große biologische Bedeutung haben. Diese Fettsubstanzen regeln die Wasseraufnahme und -Abgabe der Hornsubstanzen, so daß weder eine zu starke Durchwässerung noch eine übermäßige Austrocknung erfolgen kann. Ein zu starker Entzug dieser Fette bewirkt damit einen Verlust des

Quellwassers aus dem Keratinmycel der Hornsubstanz und macht die Zellen unelastisch und spröde. Durch die forcierte Aufsplitterung der verhornten Epidermis tritt eine Vermehrung und Vertiefung der unter physiologischen Bedingungen bereits vorhandenen "V-Räume" (Jäger) auf, welche die Ansiedlung von Keimen begünstigen. Denn einmal bieten sie diesen geschützte Schlupfwinkel - die Bezeichnung "Bakterien-Reservate" ist sehr zutreffend - und zum andern geben die Keratinmassen für manche Pyokokken - wie z.B. für Staphylococcus aureus haemolyticus - unter Umständen einen willkommenen Nährboden ab. - In diesem Zusammenhang wird es verständlich, daß sich eine zu häufige und zu intensive Behandlung mit Bürste und Seife ungünstig auf die normale Beschaffenheit der Haut auswirken muß. Denn die alkalischen Bestandteile der gebräuchlichen Seifen vermögen den Säureschutzmantel durch Neutralisation aufzuheben, die schützenden Fettsubstanzen werden weitgehend entfernt, und durch den mechanischen Reiz der Bürste nimmt die Aufblätterung und in deren Folge der Keimgehalt der verhornten Epidermis zu.

Von großer Bedeutung für den Schutz der Haut im Abwehrkampf gegen die keimhaltige Umwelt ist die sogenannte "Inhibinwirkung" der Hautoberfläche. Vergleichende Untersuchungen von Dold an exzidierten, lebenden Stücken von Haut, Schleimhaut, Pleura und Peritoneum haben gezeigt, daß deren Sekrete Fermente enthalten, die eine Zeitlang nach ihrer Ausscheidung überlebend und aktiv bleiben. Kommt es zu einer Berührung mit Bakterien, so treten diese Enzyme mit den Enzymsystemen der Mikroorganismen in Konkurrenz. Der Kampf zwischen beiden um das Nährsubstrat, um die freie Energie, führt zu Störungen im Stoffwechsel der Einzeller, wobei die Vermehrung zuerst beeinträchtigt und stillgelegt wird. Diese Inhibition auf die Fortpflanzungsfähigkeit, die ein Absterben der Keime nach sich zieht, ist bei den einzelnen Geweben in unterschiedlichem Maße ausgeprägt, und zwar in direkter Abhängigkeit von der Schichtdicke der Oberflächenepithelien und von der äußeren Gefährdung. So verfügt die Haut als die Oberfläche, die den Angriffen der bakterienreichen Umgebung am meisten ausgesetzt ist, über den stärksten derartigen biologischen Schutz. Daß diese spezifische keim-

tötende Wirkung der Hautoberfläche nicht bei allen Menschen in gleichem Maße ausgebildet ist, mag von einigem Interesse sein. So konnte festgestellt werden, daß sie sowohl konstitutionellen als auch dispositionellen Gegebenheiten unterliegt. Sie wird erhöht gefunden zum Beispiel an Tagen nach reichlichem Alkoholgenuß, während sie zur Zeit der Menstruation herabgesetzt ist.

Die Tatsache, daß die Haut als lebendes Organ keine glatte Oberfläche besitzt, sondern eine Vielzahl von kleinsten Spalten, Rillen, Schrunden und Öffnungen aufweist, die für Mikroorganismen leicht zugänglich und als Herberge geradezu ideal sind, ist von ausschlaggebender Wichtigkeit für die Erwartungen bei der Desinfektion der Hände. Die gesunde Haut des Menschen wird stets von einer einheitlichen Bakterienflora besiedelt gefunden, die bis tief in das Drüsengewebe hinein nachgewiesen werden kann. Es handelt sich dabei um den für den Menschen apathogenen Staphylococcus epidermidis albus, der von Welch 1891 entdeckt wurde. An Kaiserschnittkindern, die steril zur Welt kommen, konnte Neufeld zeigen, daß diese bereits innerhalb des ersten Lebenstages reichlich mit derartigen Keimen behaftet sind. Da diese Bakterien bei allen Menschen in Krypten und Rissen, an Hautschuppen, in Drüsengängen und in Haarbälgen dauernd vorhanden sind, wurden im Laufe der Zeit verschiedene Synonyme für sie geprägt. Man spricht von Eigenkeimen, Haftkeimen, permanenten Keimen und von der "resident flora" und grenzt sie damit gegen alle übrigen hautfremden Mikroorganismen ab. Als echte Saprophyten nähren sie sich von den Zersetzungsprodukten der Sekrete und abgestorbener Zellen und verhüten dadurch deren schädliche Anreicherung. Gleichzeitig tragen sie vermutlich zur Lockerung der verhornten Epidermiszellen bei, mit denen sie dauernd nach außen abgestoßen werden. Von besonderer Bedeutung ist ihr Verhalten gegen Keime, die von außen auf die Haut gelangen und mit welchen sie in eine Antibiose, einen sogenannten "Bakterienantagonismus" treten, so daß deren Eindringen verhindert wird. - Bestehen nun irgendwelche Störungen in dem Komplex der in subtiler Weise aufeinander abgestimmten, ineinandergreifenden und sich

gegenseitig ergänzenden Schutz- und Abwehrfähigkeiten der Haut, so kann es zur Ansiedlung von pathogenen Mikroorganismen kommen, die entweder nur zeitweilig oder aber dauernd nachgewiesen werden können. Solche pathogenen Keime, die sich unter Umständen der natürlichen Hautflora beigesellen, sind vor allem Staphylococcus aureus haemolyticus, Streptococcus, Bact. coli und Bacterium pyocyaneum. Zur Erklärung dieser Erscheinung sprechen Devenish und Miles die Vermutung aus, daß bei Trägern solcher Krankheitserreger die mangelhafte Abwehr in Störungen des Zuckerstoffwechsels zu suchen sei und weisen auf die Neigung zu Pyodermien bei Diabetikern hin. Wenn diese Tatsache auch noch weitgehend ungeklärt ist, so verpflichtet sie doch zu besonderen Rücksichten und Maßnahmen bei der Desinfektion der Haut.

Durch das Leben in einer bakterienreichen Umwelt ist die Berührung mit keimhaltigem Material unumgänglich. Hautabstriche beweisen dies in einem bunten Bild unterschiedlichster Bakteriengemische. Betrachtet man diese näher, so findet man neben einer großen Zahl harmloser Einzeller nicht selten die verschiedensten Krankheitserreger. Alle diese Keime pathogener und apathogener Natur werden zur Unterscheidung von der hauteigenen Flora in den Begriffen Fremdkeime, Anflugkeime, Schmutzkeime und "transient flora" zusammengefaßt, und ihre Beseitigung bildet in erster Linie das Ziel der Desinfektion der Hände.

Die Wege, die dabei beschritten werden, sind einmal die mechanische Reinigung mit Seife und Bürste. Sie dient in der Hauptsache der Entfernung von Unreinlichkeiten, von Hautschuppen, Hautsekreten und organischen Fremdstoffen. Berücksichtigt man, daß die Schmutzkeime immer mit einem Vehikel von körperfremdem Material auf die Haut gelangen (Hirsch), so wird es verständlich, welche Bedeutung dem Waschprozeß für die Keimreduktion innewohnt. Untersuchungen an der künstlich mit Bakterien infizierten Hand durch Neufeld, Schiemann und Schütz brachten eine durchschnittliche Keimverminderung von 99 %. Dieses äußerst günstige Ergebnis darf jedoch nicht auf die normale Tageshand

übertragen werden, da ja bei der künstlich infizierten Haut die Keime sehr oberflächlich und daher leicht erreichbar liegen, während sie sich unter natürlichen Bedingungen auch in den Vertiefungen und Spalten des Hautreliefs verbergen. Eine Seifenwaschung vermag jedoch sehr wohl die Infektionsgefahr weitgehend zu vermindern und sollte deshalb jeder chemischen Desinfektion vorausgehen.

Diese hat nun die Aufgabe, die nach der Seifen-Bürstenwaschung zurückbleibenden Mikroorganismen vollständig zu erfassen und abzutöten. Die Vorgänge, die sich bei der Desinfektion mit chemischen Agentien abspielen, sind zunächst rein mechanischer Natur und bestehen im Ablösen und Abschwemmen von Keimen. Damit verbunden laufen physiko-chemische Reaktionen ab, die sich nicht nur auf die Leibessubstanzen der erreichbaren Mikroorganismen beschränken. Adsorptions- und Gerinnungsvorgänge, sowie chemische Bindungen finden an der Epidermis und an den dort nistenden Keimen statt, die sodann der Bakteriostase und Baktericidie anheim fallen.

Nachdem die Eigentümlichkeiten im anatomischen Bau und der physiologischen Funktion der Haut beschrieben sind, ist es leicht einzusehen, auf welche Schwierigkeiten die Desinfektion gerade der Haut der Hände stößt. Besonders die reich zerklüftete Oberfläche birgt ein unüberwindliches Hindernis sowohl für die Wirkung der Seifen-Bürstenwaschung als auch für chemische Desinfizientien, die in der Tiefe wuchernden Bakterien zu erreichen, was gerade im Falle der permanenten und auch temporären Träger pathogener Keime von außerordentlicher Wichtigkeit ist. Andererseits dürfen die spezifischen Fähigkeiten der Haut zur Selbstreinigung und Abwehr unter keinen Umständen geschädigt oder gar zerstört werden. Die Möglichkeiten und die Grenzen der Desinfektion sind damit festgelegt. Eine völlige Keimfreiheit der Haut kann nicht erzielt werden (Haegler) und die "Prophylaxis magna sterilisans" der Hände, die 100%ige Sterilität, kann durch mechanische Reinigung oder durch chemische Desinfektion nie erreicht werden (Hirsch). In einsichtsvoller Beschränkung sieht man deshalb das Ziel jeglicher Hände-Desinfektions-Bemühungen in einer möglichst weitgehenden Reduzierung der Keimbesiedelung bei gleichzeitig sorgfältiger Schonung der hauteigenen Schutzvorrichtungen.

Die Entwicklung der Desinfektionsmittel

Einen lebendigen Eindruck von der Kompliziertheit des Problems und von den unablässigen Versuchen, dieses auf befriedigende Weise zu lösen, vermittelt ein Blick auf die Entwicklung der Desinfektionsmittel. Die fast unübersehbare und noch in ständigem Anwachsen begriffene Zahl von Präparaten kann nicht darüber hinwegtäuschen, daß es bis heute noch nicht gelungen ist, ein universales, allen Anforderungen genügendes Mittel auf den Markt zu bringen. Sie ist vielmehr ein untrügliches Zeichen dafür, wie sehr die Dinge noch im Flusse sind und welche Kluft noch zwischen der chemisch-bakteriologischen Laboratoriumsforschung und der praktisch klinischen Erfahrung besteht.

Die segensreiche Anwendung der Antibiotika hat ihrerseits dazu beigetragen, die Nachfrage nach sicher wirkenden Desinfektionsmitteln erneut zu beleben. Hat es sich doch durch eingehende Untersuchungen der Ursachen für die besorgniserregende Häufung sekundärer Infektionen nach operativen Eingriffen herausgestellt, daß bestimmte pathogene Mikroorganismen die Fähigkeit entwickeln, gegen Antibiotika resistent zu werden. Dieses Phänomen hat mit Gewöhnung nichts zu tun, sondern vollzieht sich nach dem Prinzip der Auslese resistent gewordener Bakterienunterarten bei gleichzeitiger Anreicherung toxischer Stämme (Kikuth) und wurde unter dem Begriff des "Hospitalismus" zum Mahnmal in der antibiotischen Therapie.

Untersuchungen über die Art der Bakterien haben ergeben, daß es in erster Linie pathogene Staphylokokken sind, die sich in Kliniken als sogenannte "Hauskeime" ansiedeln - man spricht daher auch von Staphylokokken - Hospitalismus - und die in der Luft und an Gebrauchsgegenständen, aber auch auf der Nasen- und Rachenschleimhaut, sowie an den Händen des Personals nachgewiesen werden können. Ihre Identität mit den aus Sekundärinfekten gezüchteten Stämmen konnte mit Hilfe der Resistenzbestimmung gegenüber einer Reihe gebräuchlicher Antibiotika, dem sogenannten Antibiogramm, und vor allem mittels serologi-

scher Unterteilung in verschiedene Typen gesichert werden (Kikuth, Naumann und Heusser). - Außer pathogenen Staphylokokken fanden sich auch in einigen Fällen therapieresistente Colibakterien, Bact. pyocyaneum und Bact. proteus, die jedoch in ihrer Häufigkeit als Erreger sekundärer Infektionen weit hinter die Staphylokokken zurücktreten. Nach Angaben von Howe sind 80 % aller Wundinfektionen von Staphylokokken verursacht. Bedenkt man dabei, daß 60 - 75 % der in der Klinik vorkommenden Staphylokokken-Stämme heute bereits gegen Penicillin und eine Anzahl davon auch gegen einige der anderen Antibiotika resistent sind, so erkennt man plötzlich die äußerst beunruhigende Lage, in der sich die Medizin heute befindet.

Die Aufklärung des Infektionsweges, der sich als echter circulus vitiosus darstellt, indem die Übertragung der Keime vom Patienten auf das Personal und von diesem wieder auf den Patienten geschieht und als "cross-infection" bezeichnet wird, hat schließlich geradezu zu einer "Renaissance der allgemeinen Krankenhaushygiene" geführt. Da besonders das Pflegepersonal und die Ärzte als Keimträger die nie versiegende Infektionsquelle für ihre Umgebung bilden und durch sie auch die Infektion der Luft erfolgt, die als Hauptgefahrenquelle anzusehen ist, wird erneut eine strenge Beachtung der Regeln der Asepsis gefordert, "auf die wir im Zeitalter der Antibiotika weniger denn je verzichten können." (Kikuth).

Sieht man sich nun unter den gebräuchlichen und auch unter den bereits wieder verlassenen Desinfektionsmitteln um, so wird man bei näherer Betrachtung gewahr, daß sie sich auf relativ wenige Stoffklassen zurückführen lassen, die im folgenden in Form einer kleinen Chronologie der Desinfektionsmittel und einer Übersicht über die wichtigsten dieser Stoffklassen keimtötender Substanzen besprochen werden sollen.

Am Beginn systematisch und konsequent durchgeführter Versuche zur Verhütung von Infektionen stehen die Bemühungen von Ignaz Semmelweis. Wie wir wissen, benützte er mit gutem Erfolg

den Chlorkalk, ohne über dessen eigentliche Wirkung auf Pyokokken als Septicaemieerreger Kenntnis zu besitzen, denn es sei noch einmal betont, daß diese erst nach Semmelweis' Tod (1865) entdeckt wurden. Durch nachfolgende Untersuchungen erwies sich jedoch der Chlor als eines der stärksten Desinfektionsmittel. Zur Gruppe der Halogene gehörend, wird Chlor in gasförmigem Zustand zur Entkeimung von Trinkwasser und in Badeanstalten verwendet. Im Wasser bilden sich HCl und unterchlorige Säure (HOCl), wobei die letzten als starkes Oxydationsmittel durch Abspaltung von naszierendem Sauerstoff keimtötend wirkt. Tuberkelbakterien, Sporenbildner und manche Viren, wie das Poliomyelitisvirus und das Hepatitisvirus, sind jedoch gegen die üblichen Chlor-Konzentrationen recht unempfindlich. In seinen Verbindungen, die zu Desinfektionszwecken in Frage kommen, ist Chlor nicht sehr beständig. Ihre desinfizierende Kraft beruht aber gerade auf ihrem Gehalt an freiwerdendem Chlor. So enthält der Chlorkalk, der aus einem Gemisch von $Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + Ca(OH)_2$ besteht, 30 % aktives Chlor. Als Händedesinfektionsmittel spielt er infolge zu starker Hautreizung und Toxizität heute praktisch keine Rolle mehr, wird aber wie die durch Zusatz von Wasser gewonnene Chlorkalkmilch und wie Caporit (mit einem Gehalt von 65 % wirksamen Chlors) zur Desinfektion von Abort- und Abwasseranlagen benützt. Ein organischer Körper ist das Chloramin (p - Toluolsulfochloramidnatrium), welches auch Tuberkelbakterien abtötet und besonders in Form von Rohchloramin mit einem Gehalt von 20 % aktivem Chlor zur Desinfektion von Urin, Stuhl und tuberkulösem Sputum verwendet wird. Die gute germicide Wirkung des Chlors macht man sich in einer Reihe weiterer Verbindungen zunutze, die Chlor in leicht dissoziierbarer Form enthalten.

Ein weiterer Vertreter der Halogene, welcher als Desinfektionsmittel Bedeutung erlangte, ist das Jod. Nachdem es anfänglich nur bei der Kropfbehandlung Verwendung fand, datiert doch die erste Abhandlung über seinen äußerlichen Gebrauch und seine heilenden Eigenschaften bei Wunden bereits aus dem Jahre 1839 von Davies. Nach der Entdeckung seiner bakteriziden

Wirkung an Anthrax-Bazillen (Davaine), an Gonokokken (Sternberg), sowie an Staphylokokken und Streptokokken (Tarnier und Vignal) wurde Jod als Tinktur in größerem Umfang in die chirurgische Praxis und besonders in die praeoperative Hautantiseptik zu Beginn dieses Jahrhunderts eingeführt. Jod ist bereits in 2%iger wässriger Lösung ein starkes Desinfizienz, welches eine echte Abtötung der Keime erzielt. Sein Wirkungsspektrum erstreckt sich auf die vegetativen Formen verschiedenster Krankheitserreger, sowie auch auf Sporen, pathogene Hautpilze und einige Virusarten. Als Jodtinktur mit einem Gehalt von 7 % Jod und 3 % Kaliumjodid in alkoholischer Lösung wird es vor allem zur Hautdesinfektion vor Operationen, Punktionen usw. angewandt. Leider hat es sich gezeigt, daß der äußerliche Gebrauch von Jod in manchen Fällen zu Überempfindlichkeitsreaktionen der Haut führen kann. Man hilft sich in solchen Situationen mit Jodersatzmitteln wie Sepsotinktur, welche Brom als wirksamen Bestandteil in alkoholischer Lösung enthält. Bei der Wundbehandlung hat sich besonders das Jodoform (CHJ_3) bewährt, welches neben langanhaltender bakterizider Wirkung über einen gewissen schmerz- und blutstillenden Effekt verfügt.

Durch die Veröffentlichungen von Joseph Lister über seine Erfolge bei der Behandlung komplizierter Frakturen wurde das Interesse der chirurgisch tätigen Ärzteschaft auf die Karbolsäure gerichtet. Auch hier wie im Falle der eben besprochenen Chlorlösungen handelt es sich um frühe Versuche, Infektionen zu bekämpfen, die, nachdem ihre Zweckmäßigkeit erkannt war, mit erstaunlicher Konsequenz durchgeführt wurden noch ehe die bakterielle Ätiologie der Infektionskrankheiten erkannt und bewiesen worden war. Karbolsäure oder Phenol erweist sich gegen Bakterien und Pilze im Sinne einer Abtötung durch Eiweißdenaturierung wirksam, es versagt jedoch gegenüber Sporen und gegen die meisten Virusarten. Sein unangenehmer Geruch und seine ätzenden und toxischen Eigenschaften trugen dazu bei, es aus der Liste der heute gebräuchlichen Desinfektionsmittel zu streichen. Das Kresol, welches ebenfalls aus Steinkohlenteer darge-

stellt wird und durch Emulgierung mit Seifen eine Verbesserung seiner Wasserlöslichkeit und germiziden Eigenschaft erfährt, wird heute besonders zu Zwecken der Grobdesinfektion verwendet. Es zeigt selbst in Gegenwart erheblicher Mengen organischen Materials gute desinfektorische Wirkung, die es jedoch unter Seifenüberschuß einbüßt. Im Handel befindliche Mittel sind unter anderen die Kresolseife, Lysol, Alkalysol und T.B.-Bazillol. Phenolderivate sind die Xylenole (Dimethyl-oxybenzole), das Delegol (o-Benzylphenol) und die besonders für die Feindesinfektion wichtig gewordenen halogenierten Abkömmlinge wie Baktol, Sagrotan und die bei der Desinfektion von tuberkulösem Sputum bewährten Präparate Parmetol und Baktolan.

In seiner Schrift "Von den Miasmen und Kontagien" gibt uns Jakob Henle einen kurzen Bericht über die damals "gewöhnlichen" Desinfektionsmittel. Er hebt darin besonders das Quecksilber als "eines der wichtigsten Mittel" hervor. Tatsächlich üben einige Metalle, darunter insbesondere Kadmium, Silber, Kupfer, Messing und Quecksilber, schon in reiner Form eine germizide Wirkung aus. Durch die Propagierung einer neuen Methode der praeoperativen Händevorbereitung durch Fürbringer (1888) rückt vor allem das Sublimat ($HgCl_2$) als das Desinfiziens der Wahl in den Brennpunkt des Interesses und findet weiteste Verbreitung. Nachfolgende Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß seine Leistungen zu hoch bewertet worden waren, denn wir wissen heute, daß es sich bei der Sublimatwirkung nicht um echte Bakterizidie, sondern um rein bakteriostatische Vorgänge handelt, die sehr protrahiert verlaufen und damit einen "Scheintod" der Keime vortäuschen können. Obwohl Sublimat infolge starker Adsorption an die Haut eine gewisse Nachwirkung zu entwickeln vermag, erwies es sich doch als zu stark toxisch und hautschädigend, so daß es schließlich durch andere, meist organische Quecksilberverbindungen verdrängt wurde. Solche Verbindungen sind das Merfen (Phenylquecksilberborat), Sublamin, Mercurioxycyanat, das in der Ophthalmologie in Verdünnungen von 1:3000 Verwendung findet, dann Merthiolat und Mercurochromat. Aber auch diese Präparate wirken bei ihrer besseren Hautver-

träglichkeit und geringeren Toxizität nur im Sinne reversibler Bakteriostase und zwar sowohl in vitro durch die Neutralisation mittels löslicher Schwefelverbindungen wie z.B. Ammoniumsulfid, Natrium-thioglykolat und Cystein, sowie durch Eiweißsubstanzen und Seife - was auch für das $HgCl_2$ zutrifft - als auch in vivo durch das in den Geweben stets vorhandene Glutathion. Zur Verdeutlichung dieser beachtenswerten Tatsache sei auf Versuche von Roemer hingewiesen, die selbst unter extremen Bedingungen (20 Minuten langes Kochen von Sporenerde in Merfen-Lösung) noch nach 3 - 4 Wochen Bebrütung unter Behandlung mit 2%iger Ammoniumsulfid-Lösung ein erneutes Wachstum erzielen konnten. Diese und ähnliche Ergebnisse erweckten zu Recht allgemeine Bedenken gegen die Brauchbarkeit der Quecksilberverbindungen zum Zwecke der Infektionsverhütung.

Obwohl Robert Koch (1881) berichtet hatte, daß sich verdünnter Alkohol bei der Testung mit der Seidenfadenmethode an Anthrax-Sporen völlig unwirksam erwiesen habe, was die Stellung des Sublimats unter den Desinfektionsmitteln entscheidend begünstigte, war es doch Fürbringer, der den 80%igen Äthylalkohol als festen Bestandteil in seine Methode der Händedesinfektion einbaute. Zwar maß auch er diesem keinerlei bakterizide Bedeutung bei, empfahl ihn aber als fettlösendes und reinigendes Mittel zwischen Seifenwaschung und Sublimatanwendung. Reinicke (1894) beobachtete beim Gebrauch von 90%igem Alkohol eine starke Keimverminderung der Haut, die er jedoch nicht als Folge einer Abtötung, sondern durch Lockerung und Loslösung der anhaftenden Keime bedingt sah. Krönig (1894) war dagegen der Auffassung, daß sich die angeblich guten Ergebnisse bei Desinfektionsversuchen mit Alkohol durch dessen schrumpfende und härtende Wirkung auf die natürlichen und traumatischen Einsenkungen der Haut erklären ließen. Der Alkohol führe so zu einer Fixierung der Keime auf der Haut bzw. in den Spalten der Epidermis, wodurch die Keimabgabe vermindert und eine "Schein-Desinfektuon" vorgetäuscht wurde. Er kommt zu dem Schluß, daß der Alkohol als Desinfektionsmittel wertlos sei. Dieses vernichtende Urteil wurde jedoch nicht ohne Widerspruch

angenommen, sondern erzeugte eine neue Welle intensiver Nachforschungen über die Eigenschaften des Alkohols und über seine optimal wirksame Konzentration. Durch Versuche an infizierten Seidenfäden mit verschiedenen Verdünnungsstufen von Alkohol fand Epstein (1897) eine sichere Abtötung der Testkeime bei einem Gehalt von 50 %; bedeutend höhere oder geringere Konzentrationen schwächten die Desinfektionswirkung stark ab. Seine Beobachtungen an unbelebten Keimträgern wurden dann von Beyer (1912) durch Versuche an der Hand ergänzt und führten zu dem Ergebnis, daß der Alkohol in einer Konzentration von 70 % die höchste germizide Wirkung entfalte. - In neuerer Zeit haben sich besonders Arbeiten von Neufeld, Schiemann und Schütz mit der Frage nach den Vorgängen bei der Alkohol-Desinfektion beschäftigt. Aus ihren Resultaten ergibt sich die Feststellung, daß der Alkohol auf Grund seiner Eigenschaften eine Sonderstellung unter den Desinfektionsmitteln einnimmt. Im Gegensatz zu vielen anderen Präparaten zeigt Alkohol keinerlei Adsorptionserscheinungen, weder an der Bakterienmembran noch an der Haut. Darauf beruht im wesentlichen seine rasche und gute abtötende Wirkung selbst auf große Mengen von Bakterien, aber zugleich auch die schnelle Abnahme dieses erwünschten Effektes durch Verdünnung mit Wasser. Ablkohol entwickelt auf Grund dessen keine länger vorhaltende bakterizide Nachwirkung, was sich besonders bei Untersuchungen des Handschuhsaftes herausstellte. Eine weitere Eigentümlichkeit des Alkohols, welche vor allem bei der Händedesinfektion von großem Nutzen ist, zeigt sich in seiner guten Tiefenwirkung. Diese ist einmal bedingt durch die außerordentlich stark entwickelte Adsorption von Luft. Alkohol adsorbiert Luft etwa sechsmal stärker als Wasser! Dadurch wird er befähigt, in die engen, lufthaltigen und blind endigenden Hautspalten tiefer einzudringen als die in Wasser gelösten Desinfektionsmittel. Andererseits verfügt der Alkohol über ein hohes Wasserbindungsvermögen, was ihm das Eindringen in die stets etwas feuchten Poren und Krypten der Haut sehr erleichtert. Diese Tatsache erklärt es aber auch, warum Alkohol trockene Schichten nicht zu durchdringen vermag. Da er diese nicht zur Quellung bringt, wirkt er geradezu konservie-

rend, was sich im Hinblick auf Sporen auch bestätigen ließ. So bleiben Tetanus-, Gasbrand- und andere Sporen jahrelang im Alkohol lebensfähig und werden nicht selten in ihm vorgefunden, sofern er nicht filtriert wurde. Konzentrierter Alkohol braucht zur Entfaltung seiner keimtötenden Eigenschaft einen Zusatz von Wasser, und die von Beyer experimentell gefundene optimale Konzentration von 70 Vol.% wurde durch neuere Untersuchungen auf 80 Vol.% festgelegt. Noch höher konzentrierter Alkohol kann jedoch auf bereits angefeuchteter Haut ebenfalls eine gute Desinfektionswirkung erzielen. - Neben dem Äthylalkohol, sowie Propyl- und Isopropylalkohol, die in der Hauptsache zur praeoperativen Händevorbereitung benützt werden und wegen ihrer ausgezeichneten Hautverträglichkeit, Ungiftigkeit und hohen bakteriziden Wirksamkeit weiteste Verbreitung gefunden haben, spielt der sehr giftige Methylalkohol praktisch keine Rolle.

Weitere Stoffklassen von Desinfektionsmitteln, die schon im frühen Schrifttum erwähnt werden, sind die Säuren und Alkalien. Ihre desinfizierende Wirkung nimmt parallel ihrer elektrolytischen Dissoziation zu. Säuren wirken durch ihre Wasserstoff-Ionen besonders auf Bakterien und eventuell auch durch das undissoziierte Molekül besonders auf Hefen und Schimmelpilze. Bei den Basen bildet das Hydroxyl-Ion den wirksamen Faktor besonders gegen Gram negative Bakterien und Viren. Da nun schwache Säuren und Laugen nur wenig dissoziiert sind, kommt ihnen als Desinfektionsmittel nur geringe Bedeutung zu. Starke Säuren und Alkalien haben aber die unerwünschte Eigenschaft, neben der Abtötung der Mikroorganismen das zu entkeimende Substrat viel zu sehr zu schädigen. Sie finden daher nur ausnahmsweise Verwendung. Unter den Alkalien haben sich jedoch warme Lösungen von Soda (Na_2CO_3) für Scheuer- und Reinigungszwecke bewährt. Kalkmilch ($Ca(OH)_2$), die aus gebranntem Kalk unter Zusatz von Wasser hergestellt wird, erweist sich als gut wirksames Mittel für die Grobdesinfektion, und Ätznatron (NaOH) wird in der Veterinärmedizin zur Abtötung der Viren von Maul- und Klauenseuche und Schweinepest verwendet.

Sauerstoff im status nascendi, wie er aus den Oxydationsmitteln abgespalten wird, wirkt bakterientötend. So wird Ozon (O_3) als stärkstes Oxydationsmittel mancherorts zur Trinkwasserentkeimung angewandt. Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2) dient vor allem zur antiseptischen Behandlung von Wunden und Erkrankungen der Mundhöhle. Die Wirkung des Kaliumpermanganat ($KMaO_4$) ist wegen seiner leichten Reduzierbarkeit durch Eiweiß nur äußerst oberflächlich und kommt daher oft mehr einer Desodorierung als einer echten Desinfektion gleich. Auch die bereits erwähnten Halogenverbindungen wie Chlorkalk, die bei ihrem Zerfall naszierenden Sauerstoff freigeben, wirken als indirekte Oxydationsmittel.

Unter den Aldehyden konnte sich nur Formaldehyd (HCOH) allerdings als eines der stärksten Desinfektionsmittel durchsetzen. Seine große Affinität zu Eiweißstoffen und sein hoher Temperaturkoeffizient bedingen eine gute abtötende Wirkung auf Bakterien, viele Virusarten, ja selbst auf Sporen bei Anwendung siedender Formalinlösungen. Auch hier wie im Beispiel der Kresole leidet die bakterizide Eigenschaft erheblich durch Zusatz von Seife. Formaldehydseifenlösungen wie Korsoform und Lavaprol mit einem Mindestgehalt von 25 % Formaldehyd entfalten jedoch noch eine gute keimabtötende Wirkung. Zur Raumdurchgasung wird ein Polymerisationsprodukt des Formaldehyds, das Paraformaldehyd, verwandt.

Die bakterizide Wirkung einer Reihe von Farbstoffen wird heute nur noch im Falle des Trypaflavin und Rivanol, zweier Akridinverbindungen, zu praktischen Desinfektionszwecken ausgenützt.

Mit der Veröffentlichung von Domagk im Jahre 1935 über eine Gruppe chemischer Agentien, die zur Entkeimung geeignet erschienen, erhielt das Interesse an den Fragen der hygienischen und praeoperativen Händedesinfektion neue Impulse. Es handelt sich dabei um quaternäre Ammoniumsalze, die bereits 1851 von A.W. Hofmann dargestellt worden waren. F. Krafft beschrieb 1896 Verbindungen aus Dodecyl- und Hexadecylamin mit Säuren als Ammoniumsalze mit Seifencharakter. Hartmann und

Kägi berichten um 1928 von "sauren Seifen" bestehend aus Diaethylamin-aethyl-oleylamid, die jedoch in alkalischem Wasser als unlösliche Seifenbasen ausfielen. Durch Alkylierung des tertiären Stickstoff-Atoms in den Saponinbasen konnte diese Erscheinung behoben werden, und so entstanden die quaternären Ammoniumbasen, die sich durch starke Giftigkeit gegenüber Bakterien auszeichneten und von Domagk in Form des Zephirol vorgestellt wurden. Weitere Vertreter dieser Stoffklasse sind Desogen, Quartamon, Riseptin und Bradosol. Ihre Wirkung beruht im wesentlichen auf einem bei der elektrolytischen Dissoziation in Wasser entstehenden positiv geladenen Ionenkomplex, dem diese Verbindungen auch die Bezeichnungen "Kation-aktive Seifen" oder "Invertseifen" verdanken, denn neben ihrem spezifischen Effekt auf Bakterien zeigen sie auch die für anionische Seifen charakteristischen Eigenschaften: geringe Oberflächenspannung, gutes Dispergiervermögen und Schaumbildung in wässriger Lösung. Es hat sich allerdings herausgestellt, daß diese erwünschten Eigenschaften in umgekehrtem Verhältnis zu ihrer antibakteriellen Wirksamkeit stehen. Diese wiederum drückt sich aus in einer raschen und irreversiblen Hemmung der Sauerstoffaufnahme der meisten auch Gram negativen Bakterien, die durch starke und langandauernde Adsorption an die Bakterienoberfläche selbst in hohen Verdünnungen gewährleistet wird. Außerdem vermögen sie infolge Eiweißfällung die Permeabilitätsverhältnisse der Bakterienmembran zu verändern. Die quaternären Ammoniumbasen oder "Quats" überziehen die Haut mit einem feinen, lückenlosen Film, der zu einer nahezu vollkommenen Blockade der Keimabgabe führen kann. Dieser Film ist gegen mech. Beanspruchung recht resistent, läßt sich jedoch leicht durch Neutralisation mit Seife und anionischen Waschmitteln sowie durch Berührung mit eiweißhaltigem Material wie Blut, Serum und Eiter zerstören. Damit geht die "Handschuhwirkung" verloren, und es werden erneut Keime abgegeben. Durch die Anwendung der Quats kommt es also nicht zu einer Keimfreiheit der Hände, sondern lediglich zu einer vorübergehenden Sperre der Keimabgabe, die jedoch infolge der hohen Seifen- und Eiweißlabilität des Quatsfilms mühelos aufgehoben werden kann.

Auch die Entwicklung der sogenannten "amphoteren" Desinfektionsmittel oder "Ampholytseifen", die sowohl eine anion- als auch eine kation-aktive Komponente enthalten, und sich in den Präparaten "Tego 103 S" und "Tego 103 Z" auf dem Markt befinden, bedeutete keinen wesentlichen Fortschritt. Bestehend aus einem Gemisch höhermolekularer Derivate von Aminosäuren vereinigen sie in sich eine gute Waschwirkung mit bakteriziden Eigenschaften und zeichnen sich durch gute Hautverträglichkeit infolge ihrer Eiweißverwandtschaft und ihres hautfreundlichen pH aus. Wie die Quats bilden auch sie einen desinfizierenden Film, der unter Umständen eine sich über Stunden erstreckende bakterizide Nachwirkung entfalten kann (Herrmann und Preuß) und völlige Sterilität des Handschuhsaftes bewirken kann (Brauß). Leider zeigt er jedoch, wie der Quatsfilm, die unliebsame Erscheinung der Seifen- und Eiweißlabilität.

In neuester Zeit haben nun die Bayer A.G. Leverkusen ein Präparat entwickelt mit der Bezeichnung "Bayer 4245", das unter dem Namen "Rapidosept" dem Handel übergeben werden soll. Rapidosept enthält als bakterienfeindlichen Bestandteil chlorierten Benzylalkohol in geeigneten Lösungsmitteln. Der Beschreibung seiner Eigenschaften und seiner Wirksamkeit, die es als Desinfektionsmittel geeignet erscheinen lassen, sind die folgenden Seiten dieser Arbeit gewidmet.

Forderungen an ein optimales Händedesinfektionsmittel

Nachdem nun im Vorangegangenen versucht wurde, die mannigfachen Schwierigkeiten, die einer völligen Entkeimung der Haut entgegenstehen - ja ihre Unmöglichkeit - und die Vorzüge und Nachteile der unterschiedlichsten zu Desinfektionszwecken an der Hand verwendeten chemischen Substanzen darzulegen, lassen sich die Eigenschaften zusammenfassen, die künftig von einem optimal wirksamen Händedesinfektionsmittel zu fordern sind. Im Vordergrund des Interesses steht einmal die Erfüllung der Voraussetzungen, die die Bezeichnung Desinfektion rechtfertigen, das heißt, das Präparat muß im weitesten und strengsten Sinne ein Desinfektionsmittel sein. Zum anderen ist es unumgängliche Notwendigkeit, die Haut der Hände von Pflegepersonal und Chirurgen so weit als irgend möglich zu schonen. Diese beiden grundlegenden Bedingungen beinhalten sämtliche Forderungen, die im Hinblick auf die Unzulänglichkeiten der bis heute entwickelten Präparate von einem Mittel erfüllt werden müssen, welches als ideal anzusprechen wäre. Wir wissen, daß uns ein solches bis jetzt noch nicht zur Verfügung steht, aber eine klare Darstellung der höchsten Erfordernisse vermag vor unbegründeten Hoffnungen und in deren Folge vor schädlicher falscher Sicherheit und Enttäuschungen zu bewahren und zugleich die Bemühungen um das erstrebte Ziel wachzuhalten.

Es mag müßig erscheinen, am Beginn der Forderungen, die wir an ein optimal wirksames Desinfektionsmittel stellen, die Frage nach seiner Preiswürdigkeit zu erörtern. Wirft man aber einen Blick in die Rechnungsbücher einer Klinik, so stellt man leicht fest, daß die Ausgaben gerade für die Bedürfnisse der Infektionsverhütung nicht unbeträchtlich sind. Aber stehen sie annähernd in einem Verhältnis zu dem, was erreicht wird? Diese Frage sollte eigentlich nicht auftauchen, denn zur Gesunderhaltung und Heilung der den Kliniken anvertrauten Patienten dürfen keine geldlichen Mittel zu hoch sein. Eine Umschau unter den gerade zur Desinfektion empfohlenen Präpara-

ten und die objektive Beurteilung ihrer Brauchbarkeit erwecken jedoch das keineswegs unberechtigte Empfinden, daß merkantile Ambitionen von seiten der chemisch-pharmazeutischen Industrie nicht allzu selten mit im Spiele sind. Schon 1941 weist Grumbach auf das Mißverhältnis zwischen der Unmenge der im Handel befindlichen und angepriesenen Mittel und der geringen Zahl der Stoffklassen, auf die sie zurückgeführt werden können, hin und kommt zu dem Schluß, daß die Handelsprodukte häufig viel mehr den Namen als den Inhalt wechselten und damit auch ihre hauptsächlichsten Vorzüge und Nachteile behielten. Die Forderung, daß sich die Preisgestaltung proportional der Wirksamkeit der Präparate vollziehen möge, erscheint daher berechtigt.

Recht unwesentlich mag auch die Frage nach Farbe und Geruch eines Desinfektionsmittels anmuten. Aus aesthetischen und noch vielmehr aus praktischen Gründen ist aber zu wünschen, daß Desinfektionsmittel möglichst farblos sind und ihr Geruch derart beschaffen ist, daß er - wie Kliewe es ausdrückt - keine allzu großen Zugeständnisse an das Geruchsorgan notwendig macht. Es ist jedoch zu bedenken, daß gerade die spezifische Farbe und der spezifische Geruch eines Mittels vor etwaigen verhängnisvollen Verwechslungen schützen können. Daraus erschließt sich zwanglos eine weitere Forderung: das Präparat soll möglichst ungiftig sein.

Um die Desinfektion der Hände wirtschaftlich zu gestalten, muß ein ideales Präparat die Eigenschaften der Licht- und Luftbeständigkeit besitzen; es muß über längere Zeit gut haltbar sein. Außerdem sollte es leicht zu dosieren und leicht in Wasser löslich sein.

Wie oben erwähnt, ist bei der Beurteilung einer chemischen Substanz über ihre Brauchbarkeit zur Händedesinfektion großer Wert zu legen auf ihre Hautverträglichkeit. Sie soll völlig reizlos und unschädlich für die normale gesunde Haut sein und darf bei täglichem, ja täglich mehrmaligem Gebrauch keinerlei Beeinträchtigung sowohl der anatomischen Beschaffen-

heit als auch der physiologischen Abwehr- und Selbstschutzmöglichkeiten der Haut bewirken. Denn die Hand muß auch heute noch trotz der fortschreitenden Technisierung des Operations- und Krankenhausbetriebes als eines der wesentlichsten Rüstzeuge des Chirurgen und Pflegepersonals angesehen werden und ihre Schonung und Gesunderhaltung ist seit je grundlegende Voraussetzung für die ungestörte Entfaltung und Ausübung des Heilberufes. Ein Präparat, welches diesen hohen Ansprüchen gerecht werden will, muß daher die beiden folgenden Vorbedingungen erfüllen: einmal muß sein pH ungefähr dem der Haut entsprechen, es muß also schwach sauer reagieren, und zum anderen sollte eine gewisse Verwandtschaft zwischen dem Mittel und der Haut bestehen. Es darf unter keinen Umständen in irgend einer Weise sensibilisierend auf die Haut wirken; seine stetige Verwendung wäre dadurch von vornherein in Frage gestellt.

Im Verlaufe der letzten Jahrzehnte wurde von chirurgischer Seite immer wieder der Wunsch an die chemische Industrie gerichtet, man möge doch Präparate entwickeln, die bei höchster desinfizierender Wirkung die seit Fürbringer obligatorisch gewordene Seifen-Bürsten-Waschung erübrigen, das heißt Mittel, welche neben einer ausgeprägten keimtötenden Komponente eine große Reinigungskraft besitzen. Man erhoffte sich davon in erster Linie eine weitgehende Schonung der Haut durch den Wegfall des mechanischen Reizes der Bürste und der Beeinflussung des Säureschutzmantels durch die Seife und zugleich eine nicht unbeträchtliche Zeitersparnis, was vor allem für Notfälle in der chirurgischen Praxis von einiger Bedeutung sein dürfte. Leider haben sich die Versuche, die in dieser Richtung unternommen wurden und die sogenannten "Schnelldesinfektionsmittel" wie die Hexachlorophene, die Quats und Ampholytseifen ergaben, als unbefriedigend erwiesen. Dieser Wunsch läßt sich aber auch heute nach wie vor aufrecht erhalten, und ein ideales Händedesinfektionsmittel sollte demnach auch ein gutes Reinigungsmittel sein; mit anderen Worten, es sollte neben umfassenden bakteriziden Eigenschaften ein gutes Benetzungs-, Schmutzlösungs- und Schmutztragevermögen bei gleichzeitiger

Tiefenwirkung besitzen. Weiterhin sollte ein solches Mittel über längere Zeit an der Haut haften, um dadurch eventuell nach der Desinfektion anfliegende Bakterien unschädlich zu machen, was besonders für die hygienische Händedesinfektion bedeutungsvoll ist, und auch zum Beispiel die während einer Operation mit dem Schweiß aus den tiefen Hautschichten ausgeschwemmten und an die Oberfläche gelangenden Keime zu zerstören. Diese Nachwirkung ist von umso größerer Wichtigkeit für die chirurgische Händedesinfektion, wenn man bedenkt, daß etwa 4 bis 5 % der gesunden Menschen temporäre oder permanente Träger von pathogenen Keimen sind; ja, nach neueren Untersuchungen von Göpel, Rücker und Schütz beherbergen heute bereits 24 % der Keimträger in Kliniken antibiotikaresistente pathogene Staphylokokken. Auch das Tragen von Gummihandschuhen währen der Operation, was nach wie vor ein sehr wichtiger Notbehelf ist, vermag nicht mit absoluter Sicherheit den Durchtritt der abgesonderten Eitererreger zu verhindern. Umfangreiche Untersuchungen von Devenish und Miles konnten zeigen, daß 14 % der neuen und bis 24 % der wiederholt benützten Handschuhe für Bakterien durchlässig sind. Die Forderung nach einer lang andauernden bakteriziden Nachwirkung des Präparates, welche einen sterilen Handschuhsaft gewährleistet, entspricht daher insbesondere auch im Hinblick auf die zunehmende Gefahr des Hospitalismus einer dringenden Notwendigkeit.

Weiterhin ist es von höchster Bedeutung, daß Mittel, welche zur Händedesinfektion empfohlen werden, keinen sogenannten "Seifen- und Eiweißfehler" besitzen, das heißt ihre Wirkung darf weder durch Seife noch durch Eiweiß beeinträchtigt oder aufgehoben werden. Wohl spielt bei der praeoperativen Händevorbereitung die Empfindlichkeit eines chemischen Desinfektionsmittels gegenüber Seife nur eine untergeordnete Rolle, da ja kein Anlaß besteht, nach erfolgter Desinfektion mit Seife in Berührung zu kommen. Dagegen ist der Kontakt mit Eiweiß in Form von Blut, Körperflüssigkeiten, Eiter usw. trotz Handschuhen häufig nicht zu verhindern. Beachtet man auch, daß Bakterien praktisch nie "nackt" auf die Haut gelangen bzw. dort angetroffen werden, sondern stets von organischem Material umhüllt sind, so läßt sich die Gefährdung leicht ermessen, die

durch eine Eiweißlabilität des jeweils angewandten Präparats ausgelöst werden kann. Das Argument, daß diese Stoffe während der Desinfektion in dem dazu verwendeten Mittel so weitgehend verdünnt würden und somit keinen ungünstigen Einfluß auf die keimtötende Kraft ausüben könnten, muß nach Ansicht von Hermann und Preuß zurückgewiesen werden. Gerade die in der Tiefe liegenden Bakterien, die von eiweißhaltigen Exkreten der Hautdrüsen umgeben sind, können bei hoher Affinität eines Desinfiziens zu organischen Substanzen nicht erreicht und abgetötet werden, da die kleinen Desinfektionsmittelmengen, die in die engen Hautkanälchen vordringen, nie ausreichen, um eine genügende Verdünnung der Exkrete zu garantieren. Es ist daher zu verlangen, daß sich die Wirksamkeit eines Desinfektionsmittels ausschließlich auf die Bestandteile des Bakterienleibes konzentriert und sich nicht bereits durch Bindung an sonstige Substanzen erschöpft.

Damit ist das Hauptthema und die grundlegendste und höchste Forderung angesprochen: ein optimales Desinfektionsmittel soll rasch eine kräftige bakterizide Wirkung entfalten, die sowohl gegen grampositive wie gegen gramnegative Krankheitserreger gerichtet ist. Ein Mittel, das nicht keimtötend wirkt, ist auch dann nicht als Händedesinfektionsmittel geeignet, wenn es von der Haut besonders gut vertragen wird (Kikuth) und in gleichem Sinne sind Bakteriostatika völlig ungeeignet für die Chirurgenhand (Kliewe und Lammers). Erscheinungen wie Resistenzentwicklung von Bakterien gegen bestimmte Desinfektionsmittel, wie sich dies z.B. bei "Tego 103" ereignete (Krüpe, Herrmann und Preuß), kann nur durch irreversible Schädigung der Keime erfolgreich begegnet werden, die zum Absterben der Zellen führt. Nur Präparate mit umfassendem Bakterizidie-Spektrum und relativ raschem Wirkungseintritt können die Erwartungen erfüllen, die Chirurgen, praktische Ärzte und Pflegepersonal in sie setzen. Derartige Mittel könnten gleichzeitig dem Verlangen nach möglichst vielseitiger Verwendbarkeit entgegenkommen und den Feldzug gegen die Infektionserreger zu unseren Gunsten entscheiden.

Testmethoden zur Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln - speziell von Händedesinfektionsmitteln.

Zur Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln wurde im Laufe der Zeit eine große Anzahl verschiedener Methoden ausgearbeitet. Sie alle gehen letzten Endes auf die von Robert Koch in seiner Schrift "Über Desinfektion" im Jahre 1881 mitgeteilten Fragestellungen und Vorschläge zurück. Nachdem sich Koch für das Postulat entschieden hatte, daß ein Desinfektionsmittel eine chemische Substanz sein müsse, die das Leben von Mikroorganismen vollständig vernichtet, zeigte er Wege auf, die bei der Prüfung und Beurteilung eines Mittels bezüglich seiner im Kampfe gegen die Infektionskrankheiten verwertbaren Eigenschaften beschritten werden müssen. So stellt er folgende Punkte auf:

"1) Es ist festzustellen, ob ein solches Mittel im Stande ist, alle niederen Organismen und deren Keime zu vernichten. Für gewöhnlich genügt zu diesem Nachweis die Tatsache, daß das Mittel Bazillensporen tötet, weil bis jetzt keine Gebilde von größerer Widerstandsfähigkeit bekannt geworden sind.

2) Danach ist sein Verhalten zu anderen leichter zu tötenden Mikroorganismen, wie Pilzsporen, Hefe, getrocknete Bakterien, feuchte Bakterien zu untersuchen.

3) Ferner muß das Mittel geprüft werden auf seine Fähigkeit, Mikroorganismen in geeigneten Nährflüssigkeiten in der Entwicklung zu hemmen.

4) Schließlich sind noch die für die praktische Verwendung des fraglichen Mittels wichtigen Fragen nach der zum sicheren Erreichen des beabsichtigten Effektes notwendigen Konzentrationen, Zeitdauer der Einwirkungen, Einfluß des Lösungsmittels, der Temperatur, vorbereitender Verfahren, wie z.B. vorhergehendes Befeuchten, bei Gasen nach der Verteilung im Raum, ferner die Wirkung von Kombinationen mehrerer Desinfektionsmittel zu berücksichtigen."

Damit sind im Wesentlichen die grundsätzlichen Fragen aufgeworfen, zu deren Klärung Koch seine, heute klassisch genannte Seidenfadenmethode entwickelte: Testkeime, meist Reinkulturen von pathogenen Mikroorganismen, wie besonders Bact.pyocyaneum und Milzbrandsporen, wurden auf sterile Seidenfäden aufgebracht und dem Einfluß des zu untersuchenden Desinfektionsmittels ausgesetzt unter Beachtung der bei Punkt 4) hervorgehobenen Faktoren. Nach bestimmten Einwirkungszeiten wurden diese auf Nährböden - meist Blutserumgelatine - übertragen, bebrütet und anschließend ausgezählt. Diese Methode erfuhr im Verlaufe der nachfolgenden Jahrzehnte eine Erweiterung durch Versuche an der Hand, indem diese als lebender Keimträger mit den ihr eigentümlichen Gegebenheiten einen unmittelbaren Eindruck von den tatsächlichen Ereignissen und Notwendigkeiten bei der Desinfektion vermitteln konnte. Damit war aber zugleich der Weg für das Experiment geöffnet, und es kam schließlich dazu, daß nahezu jeder Untersucher eine eigene Technik entwickelte, was naturgemäß zu recht unterschiedlichen Aussagen über ein und dasselbe Präparat führte. Wie weitgehend die Ergebnisse bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln von der jeweils angewandten Technik, ja von oft unbedeutend erscheinenden Begleitumständen und Zufälligkeiten des einzelnen Versuches abhängen, konnte Roemer anhand einiger Beispiele überzeugend darlegen, indem sowohl verschiedene Methoden als auch Variationen innerhalb dieser Versuchsanordnungen gewählt wurden. Die stark voneinander abweichenden Ergebnisse vermitteln einen lebendigen Eindruck von den unbefriedigenden Verhältnissen, unter denen Aussagen über Desinfektionsmittel gemacht wurden.

Es ist daher verständlich, daß die verschiedenen Untersucher die Entwicklung von Standardverfahren forderten, welche in Zukunft für die Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln festgelegt und verbindlich sein sollten. Die ersten Schritte auf dem Weg zu diesem Ziel wurden schon 1920 von einem wissenschaftlichen Normungsausschuß unternommen, der, auf einem Programm von Neufeld aufbauend, Richtlinien für eine einheitliche Prüfmethodik ausarbeiten sollte. 1955 wurde dann

schließlich von der "Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie" ein Ausschuß mit der Bearbeitung der "Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel" beauftragt, welche laufend nach den neuesten Erkenntnissen ergänzt werden und in ihrer letzten Fassung im November 1958 erschienen sind.

Die Prüfung eines Desinfektionsmittels und speziell eines Händedesinfektionsmittels geschieht auf Grund dieser Richtlinien nach folgenden Gesichtspunkten:

1) Die Ermittlung des bakteriostatischen Effektes erfolgt mit Hilfe des Verdünnungstestes, wobei diejenige Verdünnungsstufe des Präparates als Maß für seine entwicklungshemmende Wirkung gilt, die das Wachstum der Testkeime nach 72-stündiger Bebrütung eben unterdrückt.

2) Für die Bestimmung der bakteriziden Wirkung sind zwei Prüfungsverfahren angegeben:

   a) Die Suspensionsmethode
   Man läßt verschiedene Verdünnungen des Präparates über wechselnde Zeiten auf wohldefinierte Testkeimsuspensionen einwirken. Von den Desinfektionsmittel-Keimgemischen werden dann kleine Mengen auf geeigneten Nährböden 24 bis 48 Stunden bebrütet.

   b) Der Keimträgerversuch
   Hierbei infiziert man sterile Keimträger (z.B.: Batistläppchen, Glasperlen u.a.) mit Testkeimen, bringt sie anschließend in verschiedene Verdünnungen des Desinfektionsmittels und läßt sie in Nährbouillon mindestens 10 Tage lang bei 37°C bebrüten.

Diese drei Versuchsmethoden, die hier nur in groben Zügen beschrieben wurden, sind für die Vorprüfung chemischer Desinfektionsmittel gedacht und können lediglich eine Aussage über deren entwicklungshemmende und tötende Wirkung auf ganz bestimmte Keime ermöglichen. Ein Rückschluß auf ihre Brauchbarkeit für die praktische Desinfektion der Hände ist jedoch nicht erlaubt, da die Haut als lebendes, reich zerklüftetes Organ noch

zusätzliche Forderungen an ein wirksames Mittel stellt, die bei den in vitro-Methoden und bei dem Versuch an toten Keimträgern mit meist glatter Oberfläche nicht notwendig sind. Zur Verdeutlichung der an der Haut herrschenden Verhältnisse sei an dieser Stelle ein trefflicher Vergleich von Kikuth angeführt. Vergegenwärtigt man sich nämlich die Größenverhältnisse, die zwischen der Oberfläche der Haut von wenigen Millimetern und der durchschnittlichen Größe der kleinsten Bakterien mit einem Durchmesser von wenigen Mikromü bestehen, und bedenkt man, daß die Hautoberfläche ebenso wie die Formation der Erdkugel mit Schrunden, Rissen, Erhebungen und Vertiefungen versehen ist, so entspricht dieses Größenverhältnis etwa der Größe des Menschen zu der Höhe der Alpen. Da aber die Bakterien in diesen Schrunden, Rissen, Erhebungen und Vertiefungen ideale Verstecke und unter Umständen auch günstige Brutstätten finden, ist es eine notwendige Folgerung, die Beurteilung der Brauchbarkeit eines Präparates für die Händedesinfektion nur auf Versuche an der Hand als lebendem Keimträger zu stützen.

Wie bereits Semmelweis und Lister klar erkannt und ausgesprochen haben, spielt bei der Ätiologie der Infektionskrankheiten die infizierte Hand eine maßgebliche Rolle. Da es aber nicht nur die chirurgisch tätige Hand ist, welche Krankheitserreger übertragen kann, sondern auch die mit Bakterien verunreinigte Hand des praktischen Arztes und des Pflegepersonals, kurz aller Personen, die Patienten betreuen, hat man in der Folgezeit zwei Arten der Händedesinfektion unterscheiden gelernt: die hygienische und die chirurgische Händedesinfektion. Zwar erstreben beide dasselbe Ziel, nämlich die Abtötung von Krankheitserregern, die von außen durch die Berührung mit infektiösem Material auf die Hände gelangt sind (Heicken 1949). Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß sich die mehr oder weniger zeitraubenden Vorbereitungen, wie sie vor Operationen üblich sind, in der täglichen Praxis bei dem raschen Patientenwechsel nicht durchführen lassen. Um trotzdem einen Beitrag zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionen leisten zu können, hat man sich darauf geeinigt, die Desinfektion für hygienische

Zwecke auf die Abtötung bzw. Beseitigung zumindest der pathogenen Anflugkeime zu beschränken, während die praeoperative Händevorbereitung darüber hinaus auch die Keime der sogenannten "resident flora" erfassen soll. Bei unserer Kenntnis von der zunehmenden Gefahr des Hospitalismus, der sich auch außerhalb der Kliniken bemerkbar macht, und bei dem Wissen um die Überlastung der praktischen Ärzte und des Pflegepersonals, die bei der Erfüllung ihrer Pflichten nicht noch zusätzlich zeitlichen Belastungen unterworfen werden dürfen, entspricht auch von dieser Seite der Ruf nach optimal wirksamen Desinfektionsmitteln einer dringenden Notwendigkeit.

Aus der Verwendung von Händedesinfektionsmitteln für die beiden eben genannten Zwecke ergeben sich nun für die Prüfung der Präparate zwei Gruppen von Testmöglichkeiten:

1) Versuche an der künstlich infizierten Hand als Modell für die hygienische Händedesinfektion, wobei die Wirkung des Präparates hauptsächlich auf die pathogenen Keime der "transient flora" gerichtet sein soll.
   Die Fingerkuppen der ungewaschenen Hände werden mit einer bestimmten Anzahl von Coli-Bakterien infiziert und nach der Desinfektion in Nährbouillon ausgeknetet. Die gewachsenen Kolonien können nach 24 und 48 Stunden Bebrütung ausgezählt werden. - Eine Wertbestimmung kann auch zusätzlich mit Hilfe der später zu beschreibenden Membranfiltermethode durchgeführt werden.

2) Die Versuche an der Tageshand dienen als Modell für die chirurgische Händedesinfektion. Das erstrebte Ziel ist es, die Hände des Operateurs in einen möglichst keimarmen Zustand zu bringen, wobei sowohl die Keime der "transient" als auch der "resident flora" beseitigt werden sollen.

Nach den Vorschriften der "Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie" liegt den Versuchen an der Tageshand folgende Anordnung zugrunde:

"Vor der Desinfektion haben sich die Versuchsteilnehmer zunächst die Hände während drei Minuten unter fließendem

Wasser mit neutraler Seife und weicher Bürste zu waschen. Die Seifenwaschung entfällt bei Mitteln, bei denen laut Gebrauchsanweisung eine Vorwaschung der Hände mit Seife nicht vorgesehen ist. Anschließend erfolgt die Desinfektion der Hände durch Waschbewegungen in der zu prüfenden Desinfektionslösung während der vorgesehenen Einwirkungszeit, wobei der Gebrauch der sterilen Handwaschbürste auf die Reinigung des Nagelfalzes beschränkt bleibt. Nach der Desinfektion werden die Hände eine Minute lang mit fließendem Leitungswasser abgespült. Die Fingerkuppen der rechten und linken Hand werden sofort in 10 ml Nährbouillon in Petrischalen ausgeknetet, der gegebenenfalls ein Enthemmungsmittel zugesetzt wurde. Anlegen von Zählplatten mit 1,0; 0,5 und 0,1 ml dieser Nährbouillon. Die Kulturen werden bei 37°C bebrütet, nach 48- und 72stündiger Bebrütung wird die Zahl gewachsener Kolonien ausgezählt. Anzahl der Versuchspersonen: mindestens 15; für je 5 Versuchspersonen ist eine frische Lösung anzusetzen.

Eine Wertbestimmung für die chirurgische Händedesinfektion kann zusätzlich mit Hilfe der Membranfiltermethode durchgeführt werden.

Die mit der Desinfektionslösung behandelten Hände werden 1 Minute lang mit fließendem Leitungswasser abgespült und anschließend in einem Liter steriler 0,9%iger NaCl-Lösung, der gegebenenfalls ein Enthemmungsmittel zugesetzt wurde, unter Ausführung von Waschbewegungen ausgeknetet. 10 ml der Entnahmeflüssigkeit werden sofort nach dem Auskneten durch das Membranfilter Coli 5 filtriert. Das Filter wird auf der Oberfläche einer Blutagarplatte 48 Stunden lang bei 37°C bebrütet. Dann werden die gewachsenen Kolonien ausgezählt. Die bakterizide Nachwirkung, welche gewisse Mittel in der Entnahmeflüssigkeit ausüben, ist in geeigneter Weise auszuschalten, z.B. bei Vorliegen von quaternären Ammoniumsalzen: Zusatz von 3 g Lecithin und 30 g Tween 80 zu 1 Liter Ausknetflüssigkeit."

Damit ist es gelungen, eine gemeinsame Ausgangsbasis zu schaffen, die verbindliche Aussagen über den Wert von Desinfektionsmitteln und eine Verständigung der verschiedenen Untersucher untereinander auf diesem Gebiete ermöglichen. Gleichzeitig wurde damit der Polemik und Problematik bei der Beurteilung von chemischen Desinfektionsmitteln weitgehend der Boden entzogen und die so notwendige Objektivität wissenschaftlicher Ergebnisse und Veröffentlichungen unterstützt und gefördert, was auch für den praktischen Arzt von großer Bedeutung sein dürfte. Denn, da ihm weder Zeit noch Mittel zur Verfügung stehen, sich in eigener Anschauung ein Urteil gerade über die Wirksamkeit von Händedesinfektionsmitteln zu bilden und sich danach zu entscheiden, ist er ganz auf eindeutige und zuverlässige Aussagen anderer angewiesen. Gerade der Mut zur strengen Objektivität ist es, der uns immer wieder an den "Großen Alten" begeistert und der sie uns so unmittelbar und modern erscheinen läßt. Sie haben uns damit ein verpflichtendes Vorbild hinterlassen und den einzig gangbaren Weg aufgezeigt, auf dem sich wissenschaftliche Arbeit fruchtbar verrichten läßt.

Methodisches

Zu Beginn der Darstellung unserer Versuche und deren Ergebnisse seien die Methoden beschrieben, die dabei zur Anwendung kamen. Da wir unser Augenmerk von vornherein auf die chirurgische Händedesinfektion richteten und einige Desinfektionsmittel ausschließlich auf ihre Brauchbarkeit zu diesem speziellen Zweck untersucht werden sollten, konnten wir auf die Vorprüfung der chemischen Substanzen mit Hilfe des Verdünnungstestes, des Suspensionsversuches und der Methode an unbelebten Keimträgern, sowie auf die Versuche an der künstlich infizierten Hand als Modell für die hygienische Händedesinfektion verzichten. Zur Prüfung des Desinfektionseffektes an der Tageshand als Modell für die chirurgische Händedesinfektion verwendeten wir die Keimzählung mittels der Membranfiltermethode und des Agargußplattenverfahrens.

Innerhalb dieser beiden Methoden führten wir außerdem einen Vergleich zwischen destilliertem Wasser und physiologischer Kochsalzlösung als Expositionsflüssigkeit aus, der durch die Arbeit von Heicken "Blockiert der 'Quatsfilm' die Keimabgabe der Tageshand?" (1953) und durch Differenzen zwischen dem ersten Entwurf und der letzten Ausgabe der "Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel" aus den Jahren 1957 und 1958 angeregt wurde. In seiner Schrift bezweifelte Heicken die Ergebnisse, die Naumann in seiner Veröffentlichung "Kritisches und Experimentelles zur chirurgischen Händedesinfektion" 1952 mitteilt. Naumann hatte seinerzeit auf Arbeiten von Hirsch, Basel, aufbauend einen Vertreter der halogenierten Phenolderivate (Baktol) und zwei Präparate aus der Gruppe der Filmbildner (Desogen und Tego) mit der Membranfiltermethode geprüft und ausschließlich steriles destilliertes Wasser zur Exposition benützt. Auf Grund von Hinweisen von Lockemann und Picher, die beobachten konnten, daß nach längerem Stehen von Staphylokokken-Aufschwemmungen in destilliertem Wasser eine beträchtliche Verminderung des anfänglichen Keimgehaltes eintrat - nach 30 Minuten auf 82 % und nach 3 Stunden auf 14,3 % der anfangs vor-

handenen Keimzahl - sah sich Heicken veranlaßt zu der Fragestellung, in wie weit das Expositionsmedium einen Einfluß auf die nach erfolgter Desinfektion abgegebenen Keime ausübt. Denn da bereits voll lebensfähige Bakterien in aqua dest. eine Einbuße ihrer Lebenstätigkeit erfuhren, war es denkbar, daß durch das Desinfektionsmittel geschädigte Keime noch weit empfindlicher auf das nährsubstratarme Wasser reagieren würden und somit die Resultate aus solchen Versuchen kein reales Bild von den tatsächlichen Ereignissen abgeben würden. Heicken überprüfte deshalb die von Naumann und Hirsch angewandte Methodik und erzielte volle Übereinstimmung mit ihren Ergebnissen in Versuchsreihen, die mit destilliertem Wasser ausgeführt wurden. Eine auffallende, ungünstige Abweichung ergab sich jedoch bei Versuchen, die mit physiologischer Kochsalzlösung vorgenommen wurden und zwar gelangte auf den Filtern, die mit physiologischer NaCl-Lösung beschickt worden waren, zumeist ein dichter Keimrasen zur Entwicklung, während die Filter in den Versuchsreihen mit destilliertem Wasser als Expositionsflüssigkeit leer oder nur mit einzelnen Kolonien bewachsen waren. In wieweit Heickens Schlußfolgerung, daß die Membranfiltermethode in der von Hirsch und Naumann empfohlenen Ausführungsform zur Wertbestimmung speziell von quaternären Ammoniumsalzen für die chirurgische Händedesinfektion unbrauchbar sei, berechtigt ist, soll später anhand einiger Beispiele erörtert werden, die unter den Gesichtspunkt der p r a k t i s c h e n Bedeutung dieses Effektes gestellt sind. Jedenfalls ist zu beachten, daß in der letzten Fassung der "Richtlinien" vom November 1958 0,9 % NaCl-Lösung anstelle von aqua dest., wie es 1957 noch angeraten wurde, zur Exposition vorgeschrieben wird.

Kommen wir nun zur Beschreibung der beiden angewandten Prüfverfahren und dabei zunächst zur Membranfiltermethode! Die ersten Angaben über die Verwendung von feinen Nitrocellulosemembranen verschiedener Porengröße zu Filtrationszwecken stammen von Zsigmondy und Bachmann aus dem Jahre 1918. Nachdem sie zunächst in Rußland seit 1933 mit gutem Erfolg zu Wasseruntersuchungen benützt wurden, erfolgte auch in Deutschland ihre Übernahme zu diesem Zweck durch Publikationen von Schütz und

Kruse in Verbindung mit der Membranfiltergesellschaft Sartorius-Werke A.G. Göttingen um 1947. In der Zwischenzeit konnte sich dieses Verfahren in weiten Kreisen der wissenschaftlichen Forschung und Industrie bewähren und wird heute zur Bestimmung des Coli-Titers und zum Nachweis von Bakterien der Typhus- und Paratyphusgruppe in Trink- und Abwässern, zum Nachweis von Keimen aller Art im Staub und Schmutz der Luft und im Boden, zum bakterioskopischen Nachweis und zur Zählung von Wurmeiern und Mikroorganismen in Stuhl, Abwässern und Flüssen, sowie von Tuberkelbakterien in Liquor, Urin, Punktaten und anderen Materialien, zum Nachweis und zur Abtrennung von feinsten Niederschlägen und Kolloiden bei der chemischen Wasseranalyse, zum Nachweis von Hefen, Milch- und Essigsäurebakterien, Sarcina und Schimmelpilzen in der Getränkeindustrie usw. herangezogen, um nur einige Beispiele aus der Vielseitigkeit seiner Verwendungsmöglichkeiten anzuführen. Schließlich erfolgte seine Einführung in die Technik der Händewaschversuche zur Beurteilung von Händedesinfektionsmitteln im Jahr 1950 durch Julius Hirsch, Basel, und seine Aufnahme in die "Richtlinien zur Prüfung und Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel" durch die "Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie".

Diese neue Methode, die einen Einblick in die Keimabgabeverhältnisse vor und nach erfolgter Desinfektion der Hände gestattet, arbeitet nach folgendem Prinzip: die Hände werden vor und nach der Desinfektion in einer bestimmten Menge einer sterilen Auffang- oder Expositionsflüssigkeit kräftig ausgeknetet, diese durch die Filtermembranen geschickt, welche nach der Filtration auf geeigneten Nährböden bebrütet werden. Die mit Kolonien bewachsenen Filter können anschließend gefärbt und ausgezählt werden und geben getrocknet und auf Pappe aufgezogen als dauerhafte Bakteriogramme jederzeit ein anschauliches und eindeutiges Bild von den Versuchsergebnissen. Diese elegante und eindrucksvolle Methode darf wohl mit vollem Recht als ein echter Fortschritt auf dem Gebiet der Technik zu Desinfektionsmittelprüfungen bezeichnet werden. Im Gegensatz zu allen anderen Verfahren, die im Abschnitt "Testmethoden" genannt sind,

erfordert jedoch die Membranfiltermethode eine völlig andere Fragestellung bezüglich ihrer Auswertung. Geben die übrigen Testverfahren Aufschluß über die Beeinflussung, das heißt Bakteriostase und Bakterizidie, der Mikroorganismen durch das jeweilige Desinfektionsmittel in vitro und in vivo, so lautet jetzt die Frage: wieviel lebensfähige Keime der normalen Handflora bzw. der künstlich infizierten Hand werden nach Behandlung mit dem Desinfektionsmittel noch von den Händen abgegeben? (Naumann). Wovon hängt nun aber die Keimabgabe ab? Nach Heickens Untersuchungen steht sie in einer Beziehung einerseits zur Keimdichte, das heißt zu der Anzahl der an der Hand haftenden Mikroben - die bei der künstlich infizierten Hand durch die Größe der Infektionsdosis einigermaßen bestimmt ist - und andererseits zu der Intensität der Waschbewegungen bei der Exposition, welche immer zu einem gewissen Grade individuellen Schwankungen unterworfen sein wird. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Keimzahlen, die bei der Exposition der Hände erzielt werden, keine Absolutwerte bezüglich der Keimdichte darstellen, dies konnte Heicken durch seine Versuche an der künstlich mit verschiedenen Verdünnungen von Coli-Kulturen infizierten Hand beweisen. Es ließ sich aber doch eine deutliche Relation zwischen Keimdichte und Anzahl der abgegebenen Keime erkennen, so daß wir berechtigt sind, aus dem jeweiligen Wachstum auf den Filtermembranen zurückzuschließen auf das Ausmaß der Keimbesiedelung der Haut. Niemals läßt sich aber ermitteln, ob und wieviel Keime an den Händen zurückbleiben, die früher oder später unter anderen Bedingungen von der Haut losgelöst werden können; somit beweist auch ein leeres Bakteriogramm keineswegs, daß die Hände keimfrei sind! (Hirsch). Da man aber allgemein zu der Einsicht gelangt ist, daß eine völlige Keimfreiheit der Hände bis heute weder durch mechanische Reinigungs- noch durch chemische Desinfektionsmaßnahmen erreicht werden konnte und wohl auch in absehbarer Zukunft nicht erzielt werden wird, steht im Vordergrund des Interesses doch wohl die Frage, ob und wieviel Keime unter den Verhältnissen, die nach einer zweckmäßigen Desinfektion auf der Haut herrschen, noch abgegeben werden.

Denn diese Keime sind es ja, die eine Infektion möglicherweise verursachen können. Eine befriedigende Antwort auf diese Frage dürfen wir von der Membranfiltermethode erwarten.

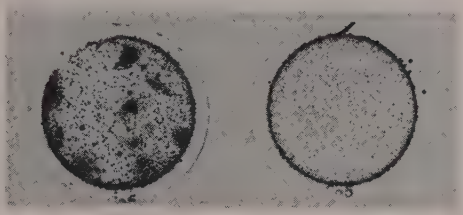
Bei unseren Versuchen sind wir nun in der Weise vorgegangen, daß wir die Hände zunächst mit dem zu prüfenden Desinfektionsmittel entsprechend der von der Herstellerfirma angegebenen Anweisung behandelten. Nach kurzem Abspülen mit Leitungswasser wurden die Hände am sterilen Handtuch abgetrocknet und unter Ausführung kräftiger Waschbewegungen genau 2 Minuten lang in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit (aqua dest. bzw. physiologische Kochsalzlösung) in steriler Schale ausgeknetet. Nach Umrühren wurden von dieser Flüssigkeit 50 ml später 5 ml mit einer sterilen Pipette auf 1000 ml steriles destilliertes Wasser bzw. sterile physiologische NaCl-Lösung übertragen. Diese Verdünnung wurde vorgenommen, um Reste des Desinfektionsmittels, die eventuell von den Händen mit abgegeben wurden und in der Expositionsflüssigkeit eine bakterizide Nachwirkung entfalten oder einen sogenannten Verzögerungseffekt (Neufeld) und in deren Folge eine Wachstumshemmung bedingen könnten, auf diese Weise praktisch auszuschalten. Da die letzte Fassung der "Richtlinien zur Prüfung und Wertbestimmung chemischer Desinfektionsmittel" vom November 1958, die eine Verdünnung von 10 ml auf 1000 ml empfehlen, noch nicht vorlagen, als die Versuche zu dieser Arbeit begonnen wurden, und die ältere Ausgabe vom September 1957 eine Verdünnung von 100 ml auf 1000 ml vorsah, haben wir uns dazu entschlossen, zunächst 50 ml auf 1000 ml überzupipettieren - was einem Verdünnungsverhältnis von 1:20 entspricht - und gingen später, den Angaben Naumanns folgend, dazu über, nur mehr insgesamt 5 ml zur Filtration zu entnehmen - was einem Verdünnungsverhältnis von 1:200 entspricht. - Ein weiterer Vorteil der höhergradigen Verdünnung drückt sich auch darin aus, daß die auf den Filtermembranen gewachsenen Kolonien hierbei besser ausgezählt werden können, als dies bei dem naturgemäß dichteren Wachstum infolge geringerer Verdünnung möglich ist. Die beiden folgenden Bakteriogramme mögen diesen Effekt verdeutlichen.

Abb. 1

1) Verdünnung 1 : 20

a) unbehandelte Tageshand

b) nach Waschen mit Seife und Bürste

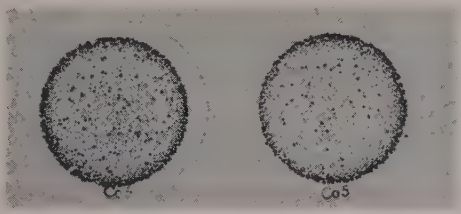


Kolonien pro Filter: unzählige unzählige

2) Verdünnung 1 : 200

a) unbehandelte Tageshand

b) nach Waschen mit Seife und Bürste



Kolonien pro Filter: ca. 4000 ca. 3700

Bakteriogramme eines Versuches bei Filtration von
1) 50 ml Expositionsflüssigkeit = Verdünnung 1:20
2) 5 ml Expositionsflüssigkeit = Verdünnung 1:200

Die so gewonnenen Verdünnungen wurden sofort durch ein steriles Filtrationsgerät der Sartorius-Werke (Göttingen) geschickt, in welches ein steriles Membranfilter "Coli 5" mit einem Durchmesser von 5 cm eingespannt war. Nach der Filtration wurde dieses vorsichtig mit steriler Pinzette vom Filtertisch genommen und auf einen gewöhnlichen Blutagarnährboden gelegt und im Brutschrank 24 bis 48 Stunden lang bei 37°C bebrütet. In dieser Zeit waren die aufgefangenen Bakterien zu sichtbaren Kolonien ausgewachsen.

Um die auf diese Weise erhaltenen Bakteriogramme besser auszählen und vor allem für die geplante photographische Reproduktion kontrastreicher gestalten zu können, wurde schon von Hirsch der Versuch unternommen, durch Auflegen der Membranen auf Serum-Agar mit einem Zusatz von Löfflers Methylen-Blau eine Anfärbung der Kolonien zu erreichen. Leider wurde dabei der Farbstoff von Kolonien und Filtermembran in gleichem Maße aufgenommen, so daß dadurch kein ausreichender Farbunterschied zustande kommen konnte. Die eingehende Bearbeitung dieser Frage durch Naumann führte schließlich mit dem von ihm angegebenen Telluritverfahren zu einem günstigen Ergebnis. Danach werden die bereits mit Kolonien bewachsenen Filtermembranen nach der Bebrütung auf Kalium-Tellurit-Nährböden gelegt, die auf 100 ml gewöhnlichen Nähragar einen Zusatz von 5 ml einer 1%igen Kalium-Tellurit-Lösung enthalten und auf ein pH von 7,4 eingestellt sind. Schon nach 2 bis 4 Stunden haben die Kolonien soviel Tellur reduziert, daß sie tiefschwarz erscheinen, während die Filtermembranen selbst dabei unverändert weiß bleiben und somit ein ausgezeichnet kontrastreiches Bild entsteht. Der kleine Nachteil, daß Bebrütung und Färbung zweizeitig vorgenommen werden müssen, da sonst das Wachstum der Kolonien durch den Tellurzusatz zu stark gehemmt würde, erscheint im Hinblick auf das gute Endergebnis von völlig untergeordneter Bedeutung.

Nach der Färbung wurden die Filter schließlich getrocknet und auf Pappe aufgezogen und stellen in dieser Form eine eindrucksvolle und zugleich dauerhafte Veranschaulichung unserer Versuchsergebnisse dar.

Zur Auszählung der Filter benützten wir die von Naumann empfohlene durchsichtige, in einzelne Sektoren unterteilte Zählscheibe. Die Zahlenwerte, die jeweils den objektiven Keimgehalt der filtrierten Mengen an Expositionsflüssigkeit wiedergeben, wurden den Verdünnungsverhältnissen entsprechend mit dem Faktor 20 bzw. 200 multipliziert und ergaben damit die Gesamtzahl der von beiden Händen bei der Exposition in 1000 ml Flüssigkeit abgegebenen Keime.

Zur Kontrolle der Zuverlässigkeit des Membranfilterverfahrens wurde parallel zu der beschriebenen Versuchsanordnung ein Vergleich mit dem Agargußplattenverfahren durchgeführt. Wie bei der Membranfiltermethode wurden die Hände nach der Desinfektion jeweils für 2 Minuten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit - also aqua dest. bzw. 0,9%ige NaCl-Lösung - ausgeknetet. Von dieser Flüssigkeit wurden dann 0,5 ml ; 2,5 ml und 5,0 ml entnommen und in sterile Kölbchen mit sterilem destill. Wasser bzw. steriler physiologischer Kochsalzlösung auf insgesamt 5,0 ml aufgefüllt. Nach Zugabe von je 10 ml flüssigen Traubenzuckeragars von eben 40°C und Umschütteln wurde in genau gekennzeichnete sterile Petrischalen ausgegossen und die gewachsenen Kolonien nach 48 bis 72 stündiger Bebrütung (bei 37°C) ausgezählt. Da in diesem Falle eine so weitgehende Verdünnung der unter Umständen abgegebenen Desinfektionsmittelrest wie im Membranfilterverfahren nicht möglich war, enthielt der Traubenzuckeragar, welcher aus 3 % Busam und 0,2 % Traubenzucker zubereitet war, einen Zusatz von 3,5 % Tween 80 als Enthemmungsmittel. Zur Auswertung wurde jeweils die Zahl der aus 5 ml unverdünnter Expositionsflüssigkeit gezüchteter Kolonien nach Umrechnung auf die Gesamtzahl der bei der Exposition von beiden Händen abgegebenen Bakterien in die Tabellen übernommen.

Diese der Methodik des Membranfilter-Verfahrens angepaßte Technik ermöglichte es, die oben erwähnte Fragestellung nach der Keimabgabe der Hand vor und nach der Behandlung mit einem chemischen Desinfektionsmittel beizubehalten. Wir schufen uns damit die Grundlage, drei Desinfektionsmittel vergleichsweise

auf ihre Brauchbarkeit zur chirurgischen Händedesinfektion zu überprüfen, außerdem zwei im Prinzip ähnliche Prüfmethoden zum Zwecke gegenseitiger Kontrolle zu vergleichen und schließlich den Einfluß zweier verschiedener Expositionsmedien auf die Versuchsergebnisse und damit ihre praktische Bedeutung zu studieren.

Experimentelles

I Spezielles

A Versuche an der unbehandelten Tageshand

Nachdem wir beim Durchgehen der Literatur recht häufig auf Äußerungen gestoßen waren, die aus den individuellen Schwankungen in der Zahl der abgegebenen Keime auf die unterschiedlich dichte Besiedelung der Haut mit Mikroorganismen schlossen und diese Erscheinung einerseits auf Variationen in der Hautbeschaffenheit und andererseits auf das mehr oder minder intensive Reiben und Waschen bei der Exposition der Hände zurückführten, war es unser Bestreben, zunächst einen Einblick in die Keimabgabeverhältnisse an der normalen unbehandelten Tageshand und damit zugleich eine Vorstellung von der Dichte der Keimbesiedelung der Haut zu gewinnen. Zu diesem Zweck wuschen sich unsere Versuchsteilnehmer die Hände, so wie sie vom Arbeitsplatz im bakteriologisch-serologischen Labor, an der Schreibmaschine, in der Nährboden- und Spülküche kamen, in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit; diese wurde, wie oben beschrieben, verdünnt und sofort durch das Membranfiltergerät geleitet. Da immer wieder dieselben Personen in größeren oder kleineren Zeitabständen an den Versuchen teilnahmen und sich bemühten, die Waschbewegungen jedesmal in gleicher Form und Intensität auszuführen, ergaben sich recht aufschlußreiche Zusammenhänge. So konnten wir feststellen, daß bestimmte Personen

fast immer Bakteriogramme lieferten, deren Keimwachstum im Bereich auszählbarer Größenordnungen lagen oder aber unzählbar viele Kolonien enthielten. Als Beispiel sollen die ermittelten Keimzahlen zweier Versuchsteilnehmer dienen, die dieses Phänomen besonders ausgeprägt zeigten:

1) Fast immer auszählbare Bakteriogramme: (Versuchsperson L.S.)

Tag	11.8.	12.8	18.8.	29.8.	9.10.
Kolonien	31 000	3 780	3 500	unzählige	67 000

2) Fast immer unzählig viele Kolonien: (Versuchsperson E.N.)

Tag	7.8.	20.8.	1.9.	9.9.	12.12.
Kolonien	unzähl.	40 000	unzähl.	unzählige	unzähl.

Wir sahen uns dadurch zu der Folgerung ermutigt, daß es Unterschiede in der Keimdichte der Haut der Hände von Person zu Person geben müsse. - Weiterhin konnten wir beobachten, daß die Filtermembranen aus Waschversuchen einzelner Probanden alternierend einmal mit unzählig vielen dann wieder mit einer durchaus bestimmbaren Zahl von Kolonien bewachsen waren. Auch hier seien zwei Beispiele angefügt:

Versuchsperson H.S.

Tag	15.9.	16.9.	17.9.	18.9.	19.9.	22.9.	23.9.	24.9.	25.9.
Kolonien	18 200	unz.	unz.	9 700	53000	44000	unz.	unz.	48 000

Versuchsperson A.W.

Tag	29.9.	30.9.	1.10.	2.10.	3.10.	8.10.
Kolonien	unz.	52800	unz.	48000	136000	unz.

Da wir großen Wert darauf legten und auch sicher sind, daß die Hände vor den Versuchen längere Zeit nicht gereinigt wurden, liegt der Schluß nahe, auch eine zeitliche Schwankung in der Keimbesiedelung der Hände bei ein und derselben Person anzu-

nehmen. Wie weit allerdings die Art der vorangegangenen Beschäftigung des Versuchsteilnehmers, die jedoch in jedem Falle immer dieselbe war, diese Ergebnisse begünstigen konnten, wagen wir nicht zu entscheiden. - Zusammenfassend ließ sich schließlich feststellen, daß die Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand während einer 2 minütigen Exposition in 53 % der Versuche Bakteriogramme ergab, die sich gut auszählen ließen, was in folgender Zusammenstellung verdeutlicht werden soll:

Tabelle 1

Anzahl der Kolonien	Anzahl der Versuche	%
unter 100 000	19	30,5
100 000 - 10^6	9	14,5
10^6 - 1,6 x 10^6	5	8,0
auszählbare Bakteriogramme in toto	33	53
nicht auszählbare Bakteriogramme (= über 1,6 x 10^6 Kolonien / 1000 ml Expos. Fl.)	29	47

Unterteilung von insgesamt 62 Versuchen nach der Auszählbarkeit der Bakteriogramme.
Membranfilter-Methode.

B Mechanische Reinigung

Im Anschluß an die Beobachtung der Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand galt unsere Aufmerksamkeit der mechanischen Händereinigung mit Seife und Bürste. Seit Fürbringers Postulat, daß jeder chemischen Desinfektion eine gründliche Reinigung der Hände mit Seife und Bürste von mindestens 10 Minuten Dauer vorauszugehen habe, ist trotz weitester Verbreitung und der vielerorts rituellen Einbeziehung dieser Methode in die praeoperative Händevorbereitung die Frage nach ihrer Zweckmäßigkeit nie verstummt. Die Einsicht in die Bedeutung der physiologischen Funktionen der gesunden Haut und die Erfahrung, daß diese durch langandauernde und häufige Ausübung der Wasch- und Bürstphase erheblich gestört und geschädigt werden können, haben immer wieder den dringenden Ruf nach einer Reform der Händedesinfektion wach werden lassen. Man ging dabei von der Vorstellung aus, daß es doch möglich sein müsse, den ausgedehnten und zeitraubenden Prozeß der Händereinigung zu vereinfachen und abzukürzen, sei dies nun im Idealfalle durch Koppelung der Waschphase mit der Desinfektionsphase in einem Gang anhand von Desinfektionsmitteln, die sowohl über eine gute Waschwirkung als auch über einen guten keimabtötenden Effekt verfügten, oder aber einfach durch zeitliche Einschränkung des Waschvorganges. Die Versuche von Seiten der chemischen Industrie, diesem Verlangen in Form verschiedener Kombinationspräparate gerecht zu werden und die dabei erzielten Ergebnisse sind uns bekannt. Wir sind deshalb dem zweiten Vorschlag etwas nachgegangen und haben uns folgende Fragen vorgelegt: 1) Worin besteht der Waschvorgang mit Seife und Bürste? 2) Welchen Einfluß hat er auf die Keimabgabe und somit auf die Keimbesiedelung der Haut und 3) wie weit läßt sich der Waschvorgang ohne Minderung seiner Vorzüge einschränken?

Wie schon an anderer Stelle angedeutet wurde, besteht die Waschwirkung der Seife in drei von einander abhängigen Vorgängen: Der Benetzung, der Schmutzlösung oder Emulgierung und dem Abtransport des gelösten Schmutzes. Diese Vorgänge wieder-

um beruhen auf physiko-chemischen und mechanischen Prozessen, die sich in einer orientierten Adsorption, einer elektrischen Umladung und einer mechanischen Mitwirkung manifestieren. Bei der Behandlung einer beschmutzten Oberfläche mit Seife kommt es zunächst zu einer Adsorption, die sich in einer Anreicherung der Seifenmoleküle an den Grenzflächen fest-flüssig des Gegenstandes und flüssig - Luftoberfläche der Seifenlösung (Schaumbildung) ausdrückt. Der hydrophobe - meist fettige - Schmutz bindet die hydrophobe Gruppe des Seifenmoleküls und wird bei genügender Adsorption nach außen umgeben von einer dichtbepackten Schicht von Seifenmolekülen, die mit ihren hydrophilen Gruppen nach dem Lösungsmittel zu gerichtet sind. Die negative Ladung der COO-Gruppe des Seifenfettsäuremoleküls neutralisiert und lädt dann die positive Ladung des Schmutzteilchens um, so daß zwischen Schmutz und der Oberfläche des Gegenstandes die gleichsinnig gewordene Ladung abstoßend und schmutzlösund wirkt (Benetzung und Emulgierung). Die Beseitigung des so gelösten Schmutzes ist dann nur noch ein mechanischer Vorgang, indem die von Seifenmolekülen umschlossenen Schmutzteilchen durch das Lösungsmittel abgeschwemmt werden. Daß dabei gerade fließendes Wasser und insbesondere warmes fließendes Wasser gute Dienste leistet, konnte von vielen Untersuchern gezeigt werden (Ahrens u.a.), denn durch das dauernd nachströmende frische Wasser wird für ein ungehindertes Abfließen des gelösten Schmutzes gesorgt, und die erhöhte Temperatur kann die physiko-chemischen Vorgänge im Sinne einer Beschleunigung beeinflussen.

Zu welchem Zwecke wird nun aber die Bürste verwendet? Ihr kommt naturgemäß nur eine rein mechanische Unterstützung des Waschvorganges zu, indem sie grobe und unter den Nagelfälzen verborgene Schmutzpartikel sowie oberflächlich liegende Hautschuppen von der Unterlage loslöst und durch eine Auflockerung und damit verbundene Aufweichung der obersten Epidermisschichten die Angriffsfläche für die Seife vergrößert, wodurch auch eine gewisse allerdings nur maßige Tiefenwirkung erzielt wird.

Da wir wissen, daß Bakterien praktisch nie "nackt" auf der Haut anzutreffen und damit auch im Schmutz enthalten sind, bedeutet die Beseitigung der Unreinlichkeiten zugleich eine Entfernung von entwicklungsfähigen und unter Umständen krankheitserzeugenden Keimen. Dadurch erhält die Seifenwaschung einen Zuwachs an Bedeutung, da sie nun nicht nur einen Beitrag im Dienste der Reinlichkeit, sondern auch zur Verhütung von Infektionen zu leisten vermag. Diese Tatsache wurde durch Experimente verschiedener Untersucher objektiviert und ergab an der künstlich mit einer bestimmten Dosis von Bakterien infizierten Hand eine durchschnittliche Verminderung um 99 % (Neufeld), oder wie Reiner Müller formuliert, beseitigt das Händewaschen mit reinem Wasser und Seife mindestens 9/10 der an der Hand haftenden Bakterien, besonders wenn dies unter fließendem Wasser geschieht. Durch die Entwicklung eines quantitativen Tests zur Bestimmung der Entkeimung durch mechanische Reinigung der Hände konnte Price ebenfalls feststellen, daß die Seifen-Bürsten-Waschung die Fähigkeit besitzt, die Hand von einer beträchtlichen Menge von Keimen zu befreien. Im Zuge unserer Untersuchungen nützten wir die Gelegenheit, auch hier einen Einblick zu gewinnen. Zu diesem Zweck prüften wir die Keimabgabe einmal von der unbehandelten Tageshand und im Anschluß daran diejenige von der mit Seife und Bürste gewaschenen Hand. Bei allen Versuchen kam die Membranfiltermethode zur Anwendung.

Versuch Nr. 1: Wie verhalten sich die Keimabgaben a) von der unbehandelten Tageshand, b) von der mit Seife und Bürste gewaschenen Hand?

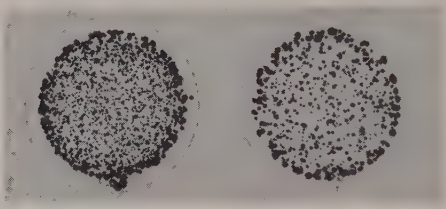
Versuchsanordnung: Die Tageshände werden 2 Minuten lang in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit gewaschen und diese in üblicher Weise filtriert; anschließend werden sie mit Kern-Seife und Bürste unter fließendem warmen Wasser behandelt, mit sterilem Handtuch abgetrocknet und nochmals 2 Minuten lang in 1 Liter steriler Flüssigkeit ausgeknetet. Es erfolgt die übliche Filtration.

Ergebnis: Nach beiden Expositionen ergaben sich Filter mit recht hohen Keimzahlen, was durch die folgenden Bakteriogramme verdeutlicht werden soll.

Abb. 2

a) unbehandelte Tageshand

b) nach Waschen mit Seife und Bürste



Kolonien pro Filter: ca. 1275 715

Der Effekt einer Händereinigung mit Seife und Bürste.

Tabelle 2

Membranfilter-Methode	Keimabgabe		
	von der unbehandelten Tageshand (T)	nach mechanischer Reinigung (M)	Differenz (T - M)
Gesamtkeimzahl	7 222 100	5 372 580	1 849 520
Anzahl der Versuche	33	33	33
Durchschnitts-Keimz.	218 851	162 805	56 046
Relative prozentuale Keimreduktion	25,6 %		

Relative prozentuale Reduktion der Keimabgabe von der Tageshand durch mechanische Reinigung mit Seife und Bürste unter fließendem Wasser. Membranfilter-Methode.

Durch die Auswertung der ermittelten Keimzahlen ließ sich jedoch bei insgesamt 33 durchgeführten Versuchen eine durchschnittliche Abnahme des Keimgehalts der Filtermembranen um rund 25,6 % feststellen.

Dieses Ergebnis steht in schroffem Gegensatz zu den beispielsweise von Neufeld ermittelten Resultaten und erklärt sich dadurch, daß wir im Gegensatz zu den Versuchen an der künstlich infizierten Hand im Bestreben einer möglichst weitgehenden Annäherung an die tatsächlichen Voraussetzungen bei der chirurgischen Händevorbereitung die normale Tageshand als Testobjekt benützten. Dazu kommt, daß eine genaue Bestimmung des Keimgehalts der Hand nicht möglich ist und wir auf dem Wege über die Keimabgabe nur eine ungefähre Vorstellung von der Besiedelung der Haut mit Bakterien erhalten können. Ist nun, wie wir sahen, die Keimabgabe nach der Seifen-Bürsten-Waschung immer noch hoch, so braucht dies nicht zu heißen, daß eine solche Behandlung also praktisch nutzlos ist, weil ja nach wie vor Keime in nur wenig veränderter Menge abgegeben werden. Bei unserem Wissen um die hauteigene permanente Staphylokokkenflora darf dieses Ergebnis weder enttäuschen noch verwundern, da ja erst durch den mechanischen Vorgang des Waschens und Bürstens die oberen Epidermisschichten aufgelockert und aufgeweicht werden und so den tiefer nistenden autochthonen Hautkeimen der Weg nach außen freigelegt wird.

Auffallend war jedoch, daß die Bakteriogramme in der Zusammensetzung ihres Wachstums deutliche Unterschiede zeigten. Und zwar machen die Filtermembranen von der unbehandelten Tageshand zumeist einen recht bunten Eindruck, der durch haemolysierende, sporen- und schleimbildende und durch hellweiß über gelb bis dunkelbraun wachsende Kolonien hervorgerufen wurde, während die Filter nach der mechanischen Reinigung meist weiße und gelbe Kolonien enthielten, also ein einheitliches Bild abgaben. Nur in seltenen Fällen konnten auch hier noch haemolysierende und sporulierende Elemente entdeckt werden. Wir dürfen aus dieser Beobachtung wohl schließen, daß durch eine

mechanische Behandlung der Haut mit Seife und Bürste eine mehr oder minder weitgehende Entfernung der Schmutz- und Anflugkeime erfolgt bei gleichzeitiger Anregung der Abgabe von Keimen der normalerweise apathogenen hauteigenen Flora und schließen uns damit der alten Auffassung an, daß das Waschen der Hände ein wirksames Hilfsmittel im Kampfe gegen Schmutz- und Schmierinfektionen darstellt.

Als interessanten Nebenbefund in diesem Zusammenhang sei auf eine weitere Beobachtung eingegangen. Bei der Auszählung der Bakteriogramme, die jeweils von zwei bestimmten Versuchspersonen stammten, fiel uns auf, daß die Werte nach der mechanischen Reinigung fast regelmäßig höher lagen als die von der unbehandelten Tageshand gewonnenen. Da mit Sicherheit keine Verwechslung der Filtermembranen stattgefunden hatte und die Beschriftung der zur Bebrütung bereitgestellten Petrischalen sorgfältig durchgeführt wurde, stellte sich schließlich nach Befragen heraus, daß die Versuchsteilnehmer die Hände gewohnheitsmäßig mit einer Fettcrème pflegten. Daraus konnten wir ersehen, daß der Fettcrème die Rolle eines feinverteilten Filmes auf der Hautoberfläche zuzuschreiben ist, der die Poren nach außen abdichtet. Bei der Exposition der ungewaschenen Hand werden zunächst nur die von außen angeflogenen und haften gebliebenen Keime abgegeben. Wird nun bei der Händewaschung dieser Fettmantel zerstört, so macht sich der aufweichende "Oberflächeneffekt" der Seife und Bürste in der Weise bemerkbar, daß nun die in den Krypten und feinen Kanälchen verborgenen Keime zugänglich und ausgeschwemmt werden, wodurch die in diesem Falle so augenscheinlich vermehrte Keimabgabe zustande kam. In der folgenden Tabelle sind die Keimzahlen aus diesen Versuchen (umgerechnet auf 1000 ml Expositionsflüssigkeit) zusammengestellt.

Tabelle 3

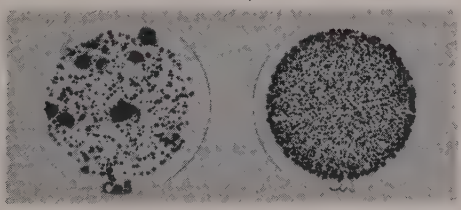
von der unbehandelten Tageshand (T)	nach mechanischer Reinigung (M)	Differenz (T - M)
800 000	960 000	+ 160 000
630 000	780 000	+ 150 000
9 700	40 000	+ 30 300
53 000	78 000	+ 25 000
48 000	60 000	+ 12 000
52 800	60 000	+ 7 200
75 000	80 000	+ 5 000
45 000	50 000	+ 5 000

Erhöhte Keimabgabe nach mechanischer Reinigung (M) - Membranfilter-Methode.

Abb. 3

a) unbehandelte Tageshand

b) nach Waschen mit Seife und Bürste



Kolonien pro Filter: 485

ca. 2000

Diese Beobachtung erscheint in besonderem Maße geeignet, den Effekt einer Händewaschung mit Seife und Bürste zu demonstrieren, der neben der Beseitigung von Anflugkeimen in einer Auflockerung und Aufweichung der oberen Epidermisschichten beruht. Im Hinblick auf eine nachfolgende Desinfektion wird durch diese vorbereitende Maßnahme einmal die Angriffsfläche für das Desinfektionsmittel vergrößert, zum anderen erfolgt eine Durchfeuchtung der Oberhaut, die in zweifacher Weise von Bedeutung sein dürfte: Wie Neufeld und Mitarbeiter nachwiesen, vermag beispielsweise der Alkohol trockene Hautschichten nicht zu durchdringen. Um trotzdem eine gewisse Tiefenwirkung zu erzielen, ist daher eine vorhergehende Anfeuchtung der Haut geradezu unerläßlich. Andererseits wissen wir, daß trockene Keime - insbesondere Stphylokokken - eine um sehr viel höhere Resistenz gegenüber den schädigenden Einflüssen chemischer Substanzen besitzen als solche in feuchtem Zustande. Schon 1896 wiesen Ahlfeld und Vahle darauf hin, daß an Seidenfäden angetrocknete Staphylokokken einen 1-stündigen Aufenthalt in Alkohol überlebten, während feuchte Styphylokokken bereits nach 2 Minuten durch Alkohol restlos abgetötet wurden. Diese Tatsache konnte in gleichem Sinne auch bei anderen Desinfektionsmitteln bestätigt werden (Roemer). Die Anfeuchtung der Haut in der Waschphase dürfte daher einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Wirkung der sich anschließenden chemischen Desinfektion ausüben.

Zusammenfassend und zu der eingangs aufgeworfenen Frage Stellung nehmend läßt sich nun sagen, daß - ganz allgemein - der Einfluß des Waschvorgangs auf die Keimabgabe infolge der mit der Reinigung verbundenen Auflockerung und Aufweichung der Epidermis nur gering ist im Vergleich mit der Zahl der von der unbehandelten Tageshand abgegebenen Keime. Aus der Beschaffenheit der Bakteriogramme aus beiden Expositionen läßt sich jedoch vermuten, daß die Filtermembranen nach der mechanischen Reinigung hauptsächlich von Keimen der hauteigenen Flora bewachsen sind im Gegensatz zu den bunten Bakteriogrammen nach der Exposition der unbehandelten Tageshand. Eine qualitative Auswertung der Bakteriogramme könnte näheren Aufschluß über

diese Annahme geben. Wir sprechen der Reinigung der Hände mit Seife und Bürste jedoch trotzdem eine gewisse "entkeimende" Wirkung zu und schließen uns, besonders auch im Hinblick auf die Bedeutung der Durchfeuchtung der Oberhaut, der Meinung vieler Experten auf diesem Gebiete an, daß die mechanische Händereinigung vor einer chemischen Desinfektion beibehalten werden sollte, solange nicht Mittel zur Verfügung stehen, die diese Wirkung zuverlässig und in vollem Umfange ersetzen können.

Ist es aber zweckmäßig, auch auf der zeitlichen Ausdehnung des Waschvorganges, so wie sie von Fürbringer angegeben und gefordert wurde, weiterhin zu bestehen? Diese Frage, in der die Erfahrung der nachteiligen Auswirkungen einer täglichen und nicht selten täglich mehrmals ausgeübten Waschung mit Seife und Bürste besonders an empfindlicher Haut und die Sorge um die Gesunderhaltung und Schonung der pflegebedürftigen Hand des Chirurgen eingeschlossen liegen, wurde schon sehr früh gestellt und zu klären versucht. Der Leitgedanke dabei war der, daß man ermitteln müsse, in welcher Zeit der Großteil der an der Hautoberfläche befindlichen Bakterien durch den Einfluß von Seife und Bürste entfernt werden kann, um damit die empirisch festgelegte Dauer von 10 Minuten auf ein zulässiges Mindestmaß zu reduzieren. Untersucher wie Schaeffer (1902), Schumburg (1906), Noguchi (1911), Price (1938), Hirsch (1950), Naumann (1952) und viele andere konnten zeigen, daß bereits innerhalb weniger Minuten die Keime der transidenten Flora durch den Waschvorgang beseitigt werden und plädierten für eine Einschränkung der Waschdauer auf 2 bis 5 Minuten.

Durch die Ermittlung der Keimabgabeverhältnisse nach einer mechanischen Reinigung von 3 Minuten und von 10 Minuten sollte bei unseren Versuchen festgestellt werden, ob und wie weit die zeitliche Ausdehnung des Waschvorganges einem Einfluß auf die Keimabgabe ausübt.

Versuch Nr. 2: Hat die zeitliche Ausdehnung des Waschvorganges einen Einfluß auf die Abgabe von Keimen?

Versuchsanordnung: Zunächst werden die unbehandelten Tageshände für 2 Minuten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit ausgeknetet mit nachfolgender Filtration; anschließend 3 Minuten bzw. 10 Minuten lang mit Kernseife und Bürste unter fließendem warmen Wasser gereinigt, am sterilen Handtuch abgetrocknet und erneut 2 Minuten lang in üblicher Weise exponiert. Filtration. Bei allen Versuchen kam die Membranfilter-Methode zur Anwendung.

Tabelle 4

(Siehe S. 73)

Ergebnis: Durch die Zusammenstellung und Auswertung der Keimzahlen, die wir von der unbehandelten Tageshand (T) und von der mechanisch gereinigten Hand (M) erhielten, konnte analog der oben angeführten Ergebnisse festgestellt werden, daß die Hand nach mechanischer Reinigung etwas weniger Keime abgibt als ohne vorhergehende Behandlung. Die so ermittelte relative prozentuale Reduktion der Keimabgabe - bezogen auf die Keimabgabe der unvorbehandelten Tageshand als Ausgangswert 100 - betrug nach 3 minütiger Waschdauer 37,55 % und nach 10 Minuten Waschen 40,19 %.

Diese unbedeutende Differenz steht unseres Erachtens in keinem Verhältnis zu dem Aufwand an Zeit und zu der intensiven Strapazierung der Haut und bestätigt die von den Voruntersuchern (Hirsch, Naumann, u.a.) mitgeteilten Ergebnisse, nämlich daß "die Dauer der mechanischen Reinigung ohne Einfluß auf die Abgabe permanenter Hautkeime der Tageshand ist".

Bei Beachtung der Tatsachen, daß die Keime der permanenten Hautflora normalerweise apathogener Natur sind und somit keinen Schaden anrichten können, daß die heute so bedeutungs-

Tabelle 4

	3 Minuten Waschdauer			10 Minuten Waschdauer		
	Anzahl der abgegebenen Keime			Anzahl der abgegebenen Keime		
	von der Tageshand (T)	nach mechan. Reinigung (M)	Differenz (T-M)	von der Tageshand (T)	nach mechan. Reinigung (M)	Differenz (T-M)
	138 000	84 000	54 000	1 280 000	650 000	630 000
	136 000	102 000	34 000	800 000	740 000	60 000
	72 000	19 400	52 600	600 000	310 000	290 000
	67 000	30 400	36 600	600 000	270 000	333 000
	48 000	44 000	4 000	380 000	196 000	184 000
	44 000	25 600	18 400	255 000	143 000	112 000
	40 000	36 000	4 000	200 000	150 000	50 000
	31 000	17 700	13 300	130 000	77 000	53 000
	30 000	18 900	11 100	100 000	58 000	42 000
	18 200	17 460	740	18 000	15 400	2 600
	13 000	4 540	8 460			
	3 780	1 120	2 660			
	3 500	1 160	2 340			
	1 120	900	220			
Gesamt-Keimzahl	645 600	403 180	242 320	4 363 000	2 609 400	1 753 600
Anzahl der Versuche	14	14	14	10	10	10
Durchschnitts-Keimzahl	46 114	28 798	17 316	436 300	260 940	175 360
relative prozentuale Keimreduktion		37,55 %			40,19 %	

Reduktion der Keimabgabe von der Tageshand durch mechanische Reinigung mit Seife und Bürste unter fließendem Wasser in Abhängigkeit von der Waschdauer.

voll gewordenen pathogenen Mikroorganismen, die sich der permanenten Flora beigesellt haben, selbst durch prolongierte Seifen-Bürsten-Behandlung aus ihren Schlupfwinkeln nicht vertrieben werden können und daß sich die Erwartungen bei der mechanischen Reinigung lediglich auf die Beseitigung der Schmutz- und Anflugkeime beschränken müssen, erscheint eine Verkürzung der Waschphase auf 3 bis 5 Minuten, die immer den Ansprüchen einer peinlichen Reinlichkeit genügen wird, durchaus gerechtfertigt.

C Chemische Desinfektion

Kommen wir nun zur Untersuchung der dritten Phase der praeoperativen Händevorbereitung, zur chemischen Desinfektion! Die Fragestellung dabei war folgende: Wie weit läßt sich die Keimabgabe der Hände durch Anwendung chemischer Desinfektionsmittel beeinflussen? Daß wir in diesem Falle nun nicht mehr berechtigt sind, aus der Zahl der abgegebenen Bakterien auf die Keimdichte an den Händen zu schließen, leuchtet ein, denn durch die Wirkung chemischer Agentien können - auf frühere Ausführungen zurückgreifend - Mikroorganismen einmal durch Schrumpfung und Härtung der Haut in der Epidermis fixiert werden, wie es teilweise für den Alkohol angenommen wird, oder aber die Keimabgabe wird durch einen feinsten, lückenlosen Film auf der Haut verhindert (Keimblockade), wie wir es bei den Quats und anderen Filmbildnern sahen. Da wir aber übereingekommen waren, daß ja gerade die Keime unter Umständen gefährlich werden können, welche nach einer Behandlung der Hände mit Desinfektionsmitteln noch abgegeben werden und nicht primär die, welche festgehalten werden - wobei zugestanden sei, daß sich diese sekundär nach kürzerer oder längerer Zeit ebenfalls ablösen können - so erscheint die Ermittlung der Keimabgabeverhältnisse unmittelbar nach der Desinfektion durchaus dazu angetan, eine Aussage über den Wert eines Desinfektionsmittels zu erlauben. Wir haben uns daher unter diesen Gesichtspunkten drei chemische Substanzen näher angesehen: das neue, von den Bayer-Werken, Leverkusen, entwickelte "Bayer 4245",

das unter dem Namen"Rapidosept"auf den Markt gelangen wird, dann das zur Klasse der quaternären Ammoniumsalze gehörende "Desogen"der Geigy A.G., Basel, und schließlich den altbewährten 80 Vol%igen Aethylalkohol.

1) Bayer "4245"

An den Anfang der Beschreibung unserer Versuche und deren Ergebnisse wollen wir das neue Präparat "Bayer 4245" oder "Rapidosept" stellen. Von den Farbenwerken Bayer A.G., Leverkusen entwickelt und seit Mai 1958 der Prüfung übergeben, ist es eine helle, klare Flüssigkeit von schwach ätherischem Geruch mit einem pH von etwa 5, also von leicht saurer Reaktion. Als wirksamen Faktor enthält es den neutralen, ungiftigen Dichlorbenzylalkohol ($C_6H_3Cl_2CH_2OH$) in geeigneten Lösungsmitteln. Seine Anwendung für die chirurgische Händedesinfektion wird von der Herstellerfirma in folgender Weise angegeben:

> 3 ml unverdünntes "Bayer 4245" werden für 2 Minuten unter leichten Waschbewegungen möglichst allseitig auf die Hände verteilt. Nach kurzem Abspülen mit Wasser und Abschleudern läßt man nochmals 3 ml unverdünntes "Bayer 4245" für 2 Minuten unter Waschbewegungen auf die Haut einwirken, spült kurz mit Wasser und trocknet die Hände am sterilen Handtuch ab. Die so durchgeführte Desinfektion nimmt also ca. 5 bis 6 Minuten in Anspruch.

Unsere Versuche, die einen Beitrag zur Klärung der Frage darstellen sollen, wie weit sich die Keimabgabe der Hände durch Desinfektion mit "Bayer 4245" beeinflussen läßt, wurden in der Art durchgeführt, daß wir zunächst die Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand, dann von der mit Seife und Bürste gereinigten Hand und zuletzt von der mit "Bayer 4245" desinfizierten Hand bestimmten. Anhand der anschaulichen Bakteriogramme konnten wir einen lebendigen Eindruck erhalten von der stufenweise sich vollziehenden Reduktion der Keimabgabe während einer solchen Händevorbereitung und den Effekt einer chemischen Desinfektion im Vergleich zur Seifen-Bürsten-Waschung besonders gut studieren.

Versuch Nr. 3: Die Desinfektion der Hände mit "Bayer 4245" unter Verwendung der Membranfiltermethode.

Versuchsanordnung: Mittels Filtration wird die Keimabgabe der unbehandelten Tageshand nach 2 Minuten Exposition in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit bestimmt. Dann werden die Hände für 3 Minuten unter fließendem warmen Wasser mit Kernseife und Bürste gereinigt, nach Abtrocknen am sterilen Handtuch wieder für 2 Minuten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit ausgeknetet mit anschließender Filtration. Nach erneutem Abtrocknen erfolgt die Desinfektion mit 2 mal 3 ml unverdünntem "Bayer 4245" für je 2 Minuten und zweimaligem Abspülen mit Leitungswasser. Die abgetrockneten Hände werden nochmals in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit unter Ausführung reibender und waschender Bewegungen für 2 Minuten exponiert, woran sich die Filtration anschließt.

Abb. 4

(Siehe S. 77)

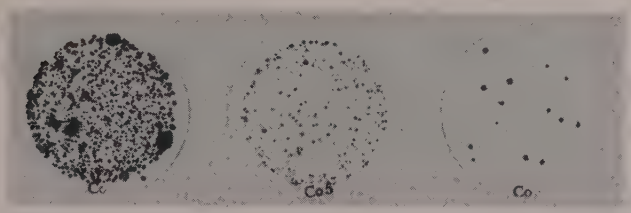
Ergebnis: Wie erwartet, wuchsen auf den Filtermembranen von der Tageshand und auch von der mechanisch gereinigten Hand viele Kolonien, das heißt die Keimreduktion war nur gering. Dagegen konnte eine sehr deutliche Verminderung des Keimgehalts der von der desinfizierten Hand stammenden Bakteriogramme (D) in jedem Falle festgestellt werden. So ließ sich bei insgesamt 48 Versuchen, die mit der Membranfiltermethode durchgeführt wurden, ermitteln, daß die nach der Desinfektion mit "Bayer 4245" erfolgte Keimabgabe durchschnittlich um 97 % geringer war als die von der mechanisch gereinigten Hand (M).

Abb. 4

a) unbehandelte Tageshand

b) nach mechanischer Reinigung

c) nach Desinfektion mit "Bayer 4245"

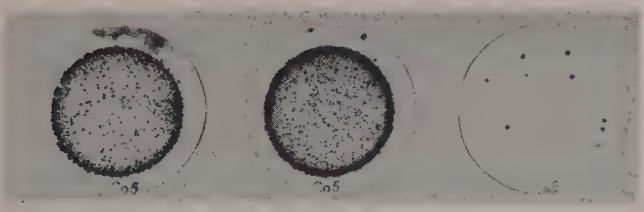


Kolonien pro Filter: 910 873 14

a) unbehandelte Tageshand

b) nach mechanischer Reinigung

c) nach Desinfektion mit "Bayer 4245"



Kolonien pro Filter: unzählige unzählige 8

Reduktion der Keimabgabe durch Desinfektion mit "Bayer 4245" (2 mal 3 ml "Bayer 4245" für je 2 Minuten).

Tabelle 5

Membranfilter-Methode	Keimabgabe nach	
	mechanische Reinigung (M) (3 Minuten)	Desinfektion mit "Bayer 4245" (D)
Gesamtkeimzahl	23 508 100	494 180
Anzahl der Versuche	48	48
Durchschnittskeimzahl	489 752	10 295
relative prozentuale Keimreduktion	97,89 %	

Keimabgabe nach mechanischer Händereinigung (3 Min.) und Behandlung der Hände mit "Bayer 4245" (2 x 3 ml für je 2 Min.), sowie relative prozentuale Keimverminderung durch den Desinfektionsvorgang. - Membranfilter-Methode.

Zur Überprüfung dieser Ergebnisse und zur Kontrolle der Membranfiltermethode wurde eine Versuchsreihe mit dem Agar-Gußplatten-Verfahren angeschlossen. Die Versuche wurden in analoger Weise vorgenommen jedoch unter Verzicht auf die unbehandelte Tageshand.

Versuchs Nr. 4: Die Keimabgabe der Hände nach Desinfektion mit "Bayer 4245" ausgezählt mit dem Agargußplatten-Verfahren.

Versuchsanordnung: Die Hände werden 3 Minuten unter fließendem warmen Wasser mit Kernseife und Bürste gewaschen, abgetrocknet und 2 Minuten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit kräftig ausgeknetet. Nach dem Abtrocknen werden sie mit "Bayer 4245" in vorgeschriebener Weise desinfiziert. Nach Abspülen und

Abtrocknen erfolgt erneute Exposition für 2 Minuten. Von der Expositionsflüssigkeit nach der mechanischen Reinigung und von jener nach der Desinfektion werden genau abgemessene Mengen mit 10 ml Traubenzuckeragar (plus 3,5 % Tween 80 zur Enthemmung eventuell abgegebener und sich noch auswirkender Desinfektionsmittelreste) in bereitgestellte und genau gekennzeichnete sterile Petrischalen ausgegossen und die nach 48 bis 72 stündiger Bebrütung gewachsenen Kolonien ausgezählt.

Ergebnis: Da wir in diesem Falle keine Bakteriogramme erhielten, mag die folgende Tabelle über die Keimabgabeverhältnisse orientieren:

Tabelle 6

Agargußplatten-Verfahren	Keimabgabe nach	
	mechanischer Reinigung (M) (3 Min.)	Desinfektion mit "Bayer 4245" (D)
Gesamtkeimzahl	13 338 000	503 400
Anzahl der Versuche	22	22
Durchschnitts-Keimzahl	606 272	22 882
relative prozentuale Keimreduktion:	96,22 %	

Keimabgabe nach mechanischer Händereinigung (3 Min.) und Behandlung der Hände mit "Bayer 4245" (2 x 3 ml für je 2 Min.), sowie relative prozentuale Keimverminderung durch den Desinfektionsvorgang. - Agargußplatten-Verfahren.

Die in der Tabelle aufgeführten Gesamtkeimzahlen ergaben sich durch Auszählen der Kolonien und Umrechnung auf 1000 ml Expositionsflüssigkeit und stellen damit die Summe der bei 22 Versuchen jeweils von beiden Händen abgegebenen Keime dar. Sowohl beim Agargußplatten-Verfahren wie bei der Membranfiltermethode erhielten wir jedoch nach der mechanischen Reinigung einige Kulturen und Bakteriogramme, deren Keimwachstum so dicht war, daß es nicht mehr ausgezählt werden konnte. Da aber gerade diese Versuche eine hohe Reduktion der Keimabgabe zwischen M und D widerspiegeln, mußten sie in die Auswertung einbezogen werden können. Da Keimzahlen bis zu einer Größenordnung von $1{,}6 \times 10^6$ / 1000 ml Expositionsflüssigkeit, d.h. ca. 8000 Kolonien/Filter in etwa gerade noch ausgezählt werden konnten, setzten wir diesen eben noch zählbaren Wert auch für die an sich höher liegenden (und damit nicht mehr auszählbaren) Keimzahlen ein. Die Beurteilung der Keimabgabeverhältnisse und die sich daraus ergebende Bewertung der Reduktion der Keimabgabe werden somit durch die Verwendung des Wertes $1{,}6 \times 10^6$ für jedes nicht mehr auszählbare Keimwachstum unter besonders strengen Voraussetzungen durchgeführt.

Als Ergebnis erhielten wir dann bei insgesamt 22 Versuchen, die mit dem Agargußplatten-Verfahren ausgeführt wurden, ein durchschnittliches Absinken der nach der Desinfektion mit "Bayer 4245" ermittelten Keimzahlen um rund 96,2 %. Die kleine Differenz zwischen diesem Ergebnis und dem mittels Filtration gewonnenen Resultat von rund 1 % darf als im Bereich der Fehlergrenzen liegend betrachtet werden.

Als zusammenfassendes Ergebnis unserer Untersuchungen des Präparates "Bayer 4245" hinsichtlich seiner Wirkung auf die Keimabgabe der Hand können wir nun sagen, daß "Bayer 4245" die Fähigkeit besitzt, die Keimabgabe von der mechanisch gereinigten Hand durch eine für 2 mal 2 Minuten geübte Desinfektion um durchschnittlich 96,2% bis 97,8 % zu vermindern. Der Vergleich mit den beiden anderen Desinfektionsmitteln wird uns die Möglichkeit geben, zu studieren, ob "Bayer 4245" mit diesem

Ergebnis die Forderungen erfüllt, die an die Wirksamkeit eines für die chirurgische Händedesinfektion geeigneten Präparates gestellt werden.

Nach Abschluß der Prüfung von "Bayer 4245" bezüglich seiner Wirkung auf die Keimabgabe wendeten wir uns noch einigen speziellen Fragen zu. So interessierte, ob "Bayer 4245" den bei vielen Präparaten beobachteten und als nachteilig empfundenen "Seifen- und Eiweißfehler" besitzt. Zu diesem Zweck wuschen sich die Versuchsteilnehmer nach der Desinfektion die Hände in einer sterilen 1%igen Seifenlösung bzw. in sterilisiertem Ascites, wonach in üblicher Weise die Keimabgabe mittels Filtration bestimmt wurde.

Versuch Nr. 5: Zur Ermittlung eines "Seifen- bzw. Eiweißfehlers" bei "Bayer 4245".

Versuchsanordnung: Nach der 3 Minuten Seifen-Bürstenwaschung wird die Keimabgabe durch Filtration bestimmt, ebenso nach der in 2 mal 2 Minuten erfolgten Desinfektion. Nach Abtrocknen am sterilen Handtuch werden die Hände in 1 Liter steriler 1%iger Seifenlösung bzw. in 500 ml sterilem Ascites während 3 Minuten gewaschen, anschließend mit 1 - 2 Liter sterilem aqua dest. abgespült, abgeschleudert und in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit für 2 Minuten ausgeknetet. Verdünnung 1:20, Filtration erfolgt wie üblich.

Abb. 5 und Abb. 6

(Siehe S. 82)

Ergebnis: Wie sich aus den Bakteriogrammen ersehen läßt, entspricht die Abnahme der Keimabgabe nach der Desinfektion den oben mitgeteilten Ergebnissen. Bei M waren es in unserem ausgewählten Beispiel unzählig viele Kolonien, während das Wachstum nach der Desinfektion (D) aus 50 ml Entnahmeflüssigkeit nur noch 375 Kolonien ergab. Nach der anschließenden Seifen - waschung betrug es 325 Kolonien (aus 50 ml Expositionsflüssigkeit).

Abb. 5

a) nach mechanischer Reinigung (3 Min.)

b) nach Desinfektion mit "Bayer 4245"

c) nach Waschen in 1 % Seifenlösung

Kolonien pro Filter:	unzählige	375	325

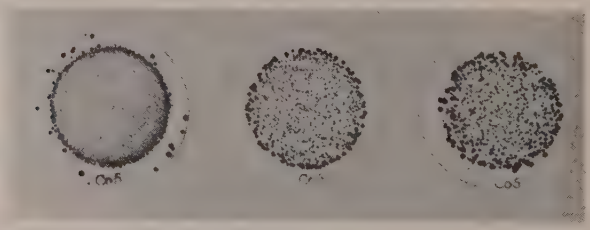
Effekt einer Waschung der mit "Bayer 4245" desinfizierten Hände in 1%iger Seifenlösung.

Abb. 6

a) nach mechanischer Reinigung (3 Min.)

b) nach Desinfektion mit "Bayer 4245"

c) nach Waschen in steriler Ascites-Flüssigkeit



Kolonien pro Filter:	unzählige	890	810

Effekt einer Waschung der mit "Bayer 4245" desinfizierten Hände in steriler Ascites-Flüssigkeit.

Bei den gleichartigen Versuchen mit sterilem Ascites stellt man bei M ebenfalls eine Abgabe von unzählig vielen Bakterien fest. Der Effekt der Desinfektion drückt sich in einer Reduktion auf 910 Kolonien (aus 50 ml Exp.Fl.) aus. Nach der Exposition in sterilem Ascites wuchsen nur mehr 788 Kolonien auf der Filtermembran aus.

Wir sehen uns dadurch zu der Aussage berechtigt, daß sich die Wirkung von "Bayer 4245" durch nachträgliche Berührung der desinfizierten Hände weder mit Seife noch mit Eiweiß beeinträchtigen läßt, "Bayer 4245" somit weder einen Seifen- noch einen Eiweißfehler aufweist.

Weiterhin war noch die Frage zu beantworten, ob sich die tägliche Anwendung von "Bayer 4245" über längere Zeit eventuell dahingehend auswirken könne, daß die Keimabgabe von der desinfizierten Hand insgesamt abnehme, das heißt, ob dieses Präparat über eine erwünschte sogenannte "kumulative Wirkung" verfüge. Wir ließen daher mehrere Versuchspersonen für 1 bis 2 Wochen täglich einmal die Hände mit "Bayer 4245" desinfizieren und verglichen anschließend die nach der Desinfektion erhaltenen Bakteriogramme. Als Beispiel seien folgende Zahlen angeführt:

Tabelle 7

Tag	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Versuchsperson S	16	268	2500	70	190	117	2500	530	300
Versuchsperson W	285	62	44	9	180				

Keimzahlen aus 50 ml Expositionsflüssigkeit

Desinfektionsversuche zur Ermittlung einer "kumulativen Wirkung" bei "Bayer 4245".

Während bei Versuchsperson S die Zahlen der abgegebenen Keime nach der Desinfektion an 9 aufeinanderfolgenden bzw. durch eine zweitägige Pause zwischen dem 5. und 6. Versuchstag unterbrochenen Tagen stets schwankten mit zunehmender und fallender Tendenz und keine kontinuierliche Abnahme zu verzeichnen war, konnte man bei Versuchsperson W den Eindruck erhalten, daß sich die tägliche Anwendung von "Bayer 4245" im Sinne einer Kumulation auswirke. Leider macht das Ergebnis des 5. Versuchstages einen Strich durch unsere Erwartungen, so daß wir kein sicheres Urteil abzugeben vermögen. In diesem Falle dürfen wir aber auf die Aussage von Kliewe hinweisen, welcher "eine deutliche, nachhaltende Reduktion der von der desinfizierten Hand abgegebenen Keime" bei täglicher Anwendung des Präparates, also eine kumulative Wirkung bei "Bayer 4245" feststellen konnte.

Wie steht es nun schließlich mit der Hautverträglichkeit von "Bayer 4245"? Die Beantwortung dieser Frage ist, wie in vorangegangenen Ausführungen betont wurde, ein wesentlicher Bestandteil jeder Prüfung eines Desinfektionsmittels, welches zur Händedesinfektion empfohlen wird. Denn die gute oder schlechte Hautverträglichkeit bedingt ja jeweils den Umfang, in dem ein Präparat zur Anwendung gelangt. Für "Bayer 4245" konnten wir feststellen, daß es in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ohne jegliche Reizerscheinungen als ausgesprochen angenehm auf der Haut vertragen wurde. Fast regelmäßig entwickelte sich nach Abspülen und Zugabe der zweiten Portion von 3 ml "Bayer 4245" etwas Schaum. 4 von insgesamt 18 Versuchsteilnehmern mit empfindlicher Haut gaben jedoch an, daß bei Wasserzugabe nach den ersten 2 Minuten der Desinfektionsphase ein leichtes Brennen wahrzunehmen sei, was sich objektiv in einer leichten, sehr rasch innerhalb weniger Sekunden wieder abklingenden Rötung der Haut der Hände ausdrückte. Selbst bei zu allergischen Ekzem neigender Haut konnten außer der eben beschriebenen leichten, sehr flüchtigen Rötung keine nachhaltigen Veränderungen beobachtet werden. Eine Einreibung der Hände mit Fettcrème nach dem Versuchsgang wurde allgemein begrüßt.

2) Desogen

Als zweites Präparat soll das zu den quarternären Ammoniumsalzen gehörende "Desogen" beschrieben werden, welches von der J.R. Geigy A.G. Basel hergestellt wird. Desogen wurde von Läuger, Martin und Neracher entwickelt und stellt ein Gemisch von Methosulfaten quarternärer Trimethylammoniumbasen dar. Seine Wirkung auf Bakterien beruht auf seiner Kation-Aktivität, die jedoch eine hohe Empfindlichkeit gegenüber der anion-aktiven Seife und gegen Eiweißsubstanzen bedingt (Neufeld, Hirsch, Naumann). Infolge seiner hohen Oberflächenaktivität überzieht es die Haut bei Anwendung für die Händedesinfektion mit einem ultravisiblen, nahezu lückenlosen Film, der gegen mechanische Beanspruchung sehr widerstandsfähig ist. Außerdem besitzt es ein hohes Benetzungs- und Emulgiervermögen (Grumbach), also eine gute Waschwirkung, die nach Heicken von maßgeblichem Einfluß auf die Wirkung eines Händedesinfektionsmittels ist, denn "neben einer abtötenden Wirkung ist der rein mechanische Vorgang des Abschwemmens der an den Händen haftenden Keime ganz wesentlich am Desinfektionserfolg mitbeteiligt". Desogen gilt als ein sehr gut von der Haut vertragenes, hautschonendes Präparat.

Analog der Fragestellung bei der Prüfung von "Bayer 4245" standen auch die Versuche mit Desogen unter dem Gesichtspunkt: Welchen Einfluß übt Desogen auf die Keimabgabe der Hand aus? und wurden in derselben Weise durch Anwendung der Membranfilter-Methode und des Agargußplatten-Verfahrens durchgeführt.

Versuch Nr. 6: Wie äußert sich die Wirkung von Desogen auf die Keimabgabe der Hand bei Verwendung der Membranfilter-Methode?

Versuchsanordnung: Den Angaben Naumanns folgend prüften wir zunächst die Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand durch Exposition in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit mittels Filtration. Anschließend wurden die Hände 10 Minuten lang unter fließendem warmen Wasser mit Kernseife und Bürste gereinigt und zur Bestimmung der Keimabgabe 2 Minu-

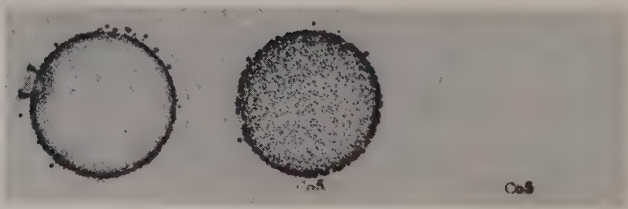
ten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit ausgeknetet mit darauffolgender Filtration. Nach Abtrocknen am sterilen Handtuch wurden die Hände in einer 0,5%igen Desogenlösung (5 ml Desogen auf 1000 ml sterilisiertes Leitungswasser) während 3 Minuten desinfiziert, abgetrocknet und erneut in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit für 2 Min. ausgeknetet. Zur Filtration wurden jeweils 5 ml Expositionsflüssigkeit verwendet (Verdünnung 1:200).

Abb. 7

a) unbehandelte Tageshand

b) nach mechanischer Reinigung (10 Min.)

c) nach Desinfektio mit "Desogen"



Kolonien pro Filter: unzählige unzählige 0

Reduktion der Keimabgabe durch Behandlung der Hände mit "Desogen" (0,5% Desogenlösung für 3 Min.)

Ergebnis: Wie in allen vorangegangenen Versuchen fand sich auch hier zwischen der Tageshand und der mechanisch gereinigten Hand nur eine geringe Abnahme der Keimabgabe. Dagegen drückt sich der Effekt der Desinfektion mit Desogen bei insgesamt 13 mit der Membranfilter-Methode ausgeführten Versuchen in einer Reduktion der Keimabgabe um rund 97 % aus, was aus der folgenden Tabelle ersehen werden kann.

Tabelle 8

Membranfilter-Methode	Keimabgabe nach	
	mechanischer Reinigung (M) (10 Min.)	Desinfektion mit "Desogen (0,5 %) (D)
Gesamtkeimzahl	6 069 400	144 800
Anzahl der Versuche	13	13
Durchschnitts-Keimzahl	466 877	11 138
relative prozentuale Keimreduktion:	97,61 %	

Keimabgabe nach mechanischer Reinigung (10 Min.) und Behandlung der Hände mit "Desogen" (0,5 % Desogen-Lösung für 3 Min.), sowie relative prozentuale Keimverminderung durch den Desinfektionsvorgang. - Membranfilter-Methode.

Da nun gerade in der eingangs erwähnten Arbeit von Heicken "Blockiert der 'Quatsfilm' die Keimabgabe der Tageshand?" die Brauchbarkeit der Membranfilter-Methode zur Prüfung von Desogen und anderen quarternären Ammoniumsalzen in Frage gestellt, ja sogar als unzulänglich beurteilt wurde, erhielten unsere Versuche mit dem Agargußplatten-Verfahren, die zur Kontrolle der Membranfilter-Methode angestellt wurden, in diesem Zusammenhang besonderes Interesse, und wir erwarteten die Ergebnisse aus dieser Versuchsreihe voller Spannung.

Versuch Nr. 7: Desinfektion der Hände mit Desogen durchgeführt mit dem Agargußplatten-Verfahren.

Versuchsanordnung: Es wurde die Keimabgabe von der während 10 Minuten mit Kernseife und Bürste gereinigten Hand unter Verwendung von 0,5 ml Ausknetflüssigkeit bestimmt. Die Desinfektion

erfolgte in üblicher Weise für 3 Minuten in einer 0,5%igen Desogenlösung. Nach der Desinfektion Abtrocknen, Exposition in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit und Entnahme von jeweils 5 ml; 2,5 ml und 0,5 ml der Ausknetflüssigkeit, Übertragung in je 10 ml Traubenzuckeragar (mit 3,5 % Tween 80) und Auszählung der gewachsenen Kolonien nach 48 - 72 Stunden Bebrütung.

Ergebnis: Die Tabelle gibt die ermittelten Keimzahlen nach Umrechnung auf 1000 ml Expositionsflüssigkeit wieder.

Tabelle 9

Agargußplatten-Verfahren	Keimabgabe nach	
	mechanischer Reinigung (M) (10 Min.)	Desinfektion mit "Desogen" (0,5%) (D)
Gesamtkeimzahl	14 440 000	5 400
Anzahl der Versuche	10	10
Durchschnitts-Keimzahl	1 444 000	540
relative prozentuale Keimreduktion:	99,96 %	

Keimabgabe nach mechanischer Reinigung (10 Min.) und Behandlung der Hände mit 0,5%iger "Desogen"-Lösung (für 3 Min.), sowie relative prozentuale Keimverminderung durch den Desinfektionsvorgang. - Agargußplatten-Verfahren.

Als zusammenfassendes Resultat erhielten wir also bei 10 mit dem Agargußplatten-Verfahren durchgeführten Versuchen eine durchschnittliche Abnahme der Keimabgabe nach der Desinfektion mit Desogen von rund 99 %. Vergleicht man nun dieses mit dem

aus der Reihe mit der Membranfilter-Methode gewonnenen Ergebnis von rund 97 %, so kann man feststellen, daß die Membranfilter-Methode die Kontrolle durchaus im positiven Sinne bestand, da beide Ergebnisse weitestgehend übereinstimmen. Die geringe Differenz von 2 % darf als im Bereich der methodischen Fehlergrenzen liegend betrachtet werden. Wir können also schließen, daß das Membranfilter-Verfahren auch zur Prüfung des Desinfektionseffektes quarternärer Ammoniumsalze geeignet ist.

Es wird aufgefallen sein, daß der Traubenzuckeragar, welcher beim Agargußplatten-Verfahren verwendet wurde, einen Zusatz von 3,5 % Tween 80 als Enthemmungsmittel enthielt. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß einige Desinfektionsmittel (Quecksilberverbindungen, chlorierte Phenole, quarternäre Ammoniumsalze) infolge starker Adsorption an die Haut bei der nach der Desinfektion stattfindenden Exposition zur Keimabgabe-Bestimmung in geringer Menge wieder in die Ausknetflüssigkeit abgegeben werden, wo sie eine gewisse bakteriostatische oder bakterizide Nachwirkung oder den von Neufeld beobachteten "Verzögerungseffekt" hervorrufen können. So wird von vielen Untersuchern (Sprößig und Öhring, Grün und Schopner, Heicken u.a.) immer wieder gefordert, daß der Expositionsflüssigkeit oder dem Nährmedium ein geeignetes Enthemmungsmittel zuzusetzen sei, um die für die Subkultur eventuell schädigende Wirkung auszuschalten. Diese Forderung wurde auch in die "Richtlinien zur Prüfung chemischer Desinfektionsmittel" aufgenommen, wo zur Enthemmung speziell der "Quats" ein Zusatz von 3 % Tween 80 vorgeschlagen wird. Tween 80 als ein Vertreter der Tweene stellt als nichtionisiertes Netzmittel eine Substanz dar, die sowohl in Fett als auch in Wasser löslich ist. Seine Wirkung besteht darin, daß es die Bakterien vor dem eiweißdenaturierenden Zugriff der "Quats" schützt und somit ihre Lebens- und Fortpflanzungsfähigkeit erhält und die Bakteriostase- bzw. Bakterizidie-Wirkung der "Quats" verhindert (Schoog). Tween 80 soll den Richtlinien entsprechend in einer Konzentration von 3 % der Expositionsflüssigkeit zugesetzt werden. Da durch viele Untersuchungen bewiesen wurde,

daß der Quatsfilm gegen Seife und Eiweiß äußerst empfindlich ist und Tween 80 ja speziell gegen diesen Quatsfilm gerichtet ist, so muß bei dessen Zugabe zur Expositionsflüssigkeit der Film zerstört und eine erneute massive Keimabgabe provoziert werden, was das eigentliche Bemühen, nämlich die Keimabgabe bei intaktem Quatsfilm zu studieren, natürlich vereitelt. Wir gingen deshalb dazu über, den Tween 80 - Zusatz bei der Membranfilter-Methode zur Verdünnungsflüssigkeit bzw. beim Agargußplatten-Verfahren dem Nährmedium zuzufügen, um hier sinnvoll eine Nachwirkung eventuell abgegebener Desinfektionsmittelreste zu verhindern. Unsere Versuche sollten einen Einblick gewähren, ob nach der Desinfektion mit Desogen tatsächlich Reste des Präparates bei der Exposition abgegeben werden und eine nachweisbare Nachwirkung entfalten.

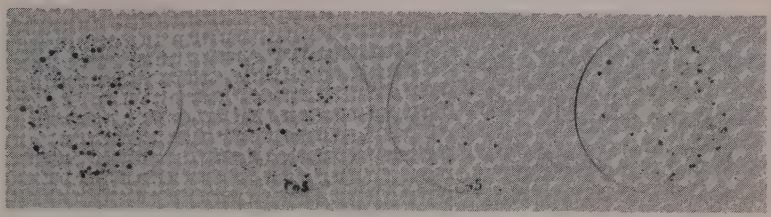
Versuch Nr. 8: Die Bestimmung der Keimabgabe der mit Desogen desinfizierten Hand mit und ohne Zusatz von Tween 80 zur Verdünnungsflüssigkeit. Ausgeführt mit der Membranfilter-Methode.

Versuchsanordnung: Die Versuche wurden mit der Membranfilter-Methode in üblicher Weise vorgenommen. Bestimmung der Keimabgabe von der Tageshand und nach mechanischer Reinigung durch Filtration. Von der Expositionsflüssigkeit nach der Desinfektion mit Desogen wurden entnommen:

1) 5 ml, die in 1000 ml gewöhnliche Verdünnungsflüssigkeit überpipettiert und filtriert wurden;
2) 5 ml, die in einer Lösung von 900 ml Verdünnungsflüssigkeit + 100 ml einer 3 % Tween 80 - Lösung verdünnt und filtriert wurden.

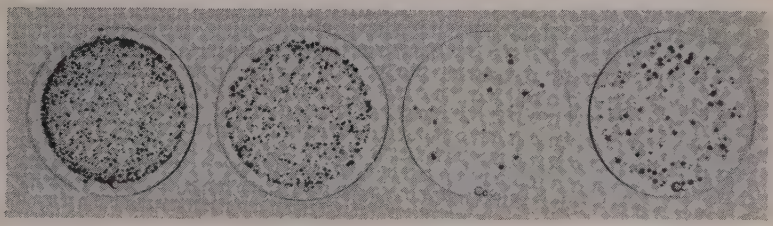
Abb. 8

a) Tageshand b) mech.Reinigung (10 Min.) c) Desinfektion mit "Desogen" (0,5 %) d) Enthemmung durch Zusatz von Tween 80



lonien
Filter: 500 290 17 100

a) Tageshand b) mech.Reinigung (10 Min.) c) Desinfektion mit "Desogen" (0,5 %) d) Enthemmung durch Zusatz von Tween 80



onien
Filter: unzählige ca. 1260 25 285

Enthemmung von "Desogen-Resten" in der Expositionsflüssigkeit durch Zugabe von Tween 80 (100 ml 3%ige Tween 80 - Lösung zu 900 ml Verdünnungsflüssigkeit.)

Ergebnis: Aus beiden Versuchen geht hervor, daß nach Zusatz von 100 ml einer 3%igen Tween 80 - Lösung zu 900 ml Verdünnungsflüssigkeit ein vermehrtes Keimwachstum stattfand im Vergleich zu den Filtermembranen, die mit Flüssigkeit ohne Tween 80 - Zusatz beschickt worden waren. Es läßt sich also bestätigen, daß tatsächlich nach einer Desinfektion mit Desogen Reste des Präparates bei der anschließenden Exposition von der Hand abgegeben werden, die ohne Zugabe eines Enthemmungsmittels eine bakterizide Nachwirkung entfalten können. Die Verwendung geeigneter, auf das jeweilige Präparat abgestimmter Enthemmungsmittel bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln muß deshalb angeraten werden.

Zur Beantwortung der eingangs gestellten Frage, welchen Einfluß eine Desinfektion mit Desogen auf die Keimabgabe der Hand ausübt, läßt sich jetzt auf Grund der beiden mit der Membranfilter-Methode und dem Agargußplatten-Verfahren durchgeführten Versuchsreihen sagen, daß Desogen die Fähigkeit besitzt, die Keimabgabe der Hand durchschnittlich um rund 98 % zu vermindern. Damit stehen wir im Einklang mit den von Grumbach, Hirsch und Naumann über Desogen mitgeteilten Erfahrungen, sowie mit Ergebnissen aus Untersuchungen anderer quarternärer Ammoniumsalze wie Zephirol, welches in gleicher Weise die Keimabgabe fast völlig zu blockieren und einen nahezu sterilen Handschuhsaft zu erzeugen vermag (Gottsacker). Trotz dieser befriedigenden Reduktion der Keimabgabe und der ausgezeichneten Hautverträglichkeit dieser Präparate darf jedoch der ihnen in hohem Maße anhaftende Seifen- und vor allem Eiweißfehler nicht unbeachtet bleiben. Denn bedenkt man, daß eine Berührung der Chirurgenhände mit eiweißhaltigem Material trotz Ausrüstung mit Gummihandschuhen fast unvermeidbar ist - es sei an die Untersuchungen von Devenish und Miles erinnert, die ergaben, daß bis zu 24 % aller Gummihandschuhe für Bakterien und andere Substanzen durchlässig sind - und daß der Quatsfilm gerade dann versagt, wenn er von entscheidender Bedeutung sein könnte, läßt berechtigte Zweifel an der Brauchbarkeit

der quarternären Ammoniumsalze für die chirurgische Händedesinfektion aufkommen. Bei Anlegung strengster Maßstäbe, wie sie in den "Forderungen an ein optimales Desinfektionsmittel" zusammengefaßt sind, muß man zu dem allerdings vernichtenden Urteil gelangen, daß die quarternären Ammoniumsalze trotz ihrer Vorzüge für die praeoperative Händevorbereitung nicht geeignet sind.

3) 80 Vol%iger Äthylalkohol

Wie aus den "Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie" entnommen werden kann, umfaßt die vollständige Prüfung eines Desinfektionsmittels neben Vorprüfung und Bestimmung des praktischen Desinfektionswertes für die hygienische und chirurgische Händedesinfektion außerdem einen Vergleich mit dem Äthylalkohol. Danach wird ein Mittel als brauchbar speziell für die chirurgische Händedesinfektion angesehen, "wenn seine Wirkung etwa der des 80 Vol%igen Äthylalkohols (bei einer Desinfektionszeit von 5 Minuten) entspricht." Um über das neue Präparat "Bayer 4245" eine wohlbegründete Aussage machen zu können, haben wir deshalb zum Vergleich die Wirkung des Äthylalkohols auf die Keimabgabe der Hand mit Hilfe der Membranfilter-Methode geprüft. Da wir die Keimabgabeverhältnisse von der unbehandelten Tageshand zuvor schon eingehend beobachtet hatten, verzichteten wir diesmal darauf und wendeten uns gleich der Bestimmung der Keimabgabe nach der mechanischen Reinigung und nach der Alkohol-Desinfektion zu.

Versuch Nr. 9: Zur Ermittlung der Wirkung von 80 Vol%igem Äthylalkohol auf die Keimabgabe der Hand.

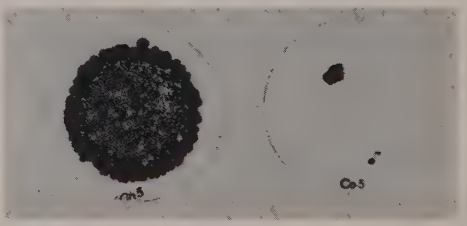
Versuchsanordnung: Die Versuchsteilnehmer reinigen sich die Hände während 3 Minuten mit Seife und Bürste unter fließendem warmen Wasser. Nach anschließender 2 Minuten-Exposition in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit

werden die Hände abgetrocknet und in 2 Liter 80 Vol%igem Äthylalkohol (der mit 1 % Benzin vergällt ist) für 5 Minuten gewaschen. Nach Abspülen und Abtrocknen erfolgt die Exposition für 2 Minuten in 1 Liter steriler Expositionsflüssigkeit. Zur Filtration werden je 5 ml der Auskneteflüssigkeit verwendet (Verdünnung 1:200).

Abb. 9

a) nach mechanischer Reinigung (3 Min.)

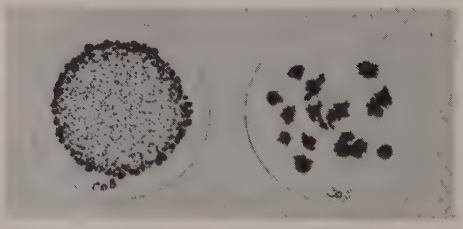
b) nach Desinfektion mit 80 vol % Äthylalkohol



Kolonien pro Filter: ca. 2200 3

a) nach mechanischer Reinigung (3 Min.)

b) nach Desinfektion mit 80 vol % Äthylalkohol



Kolonien pro Filter: ca. 1050 20

Keimabgabe von der mechanisch gereinigten Hand (3 Min.) und nach Desinfektion mit 80 vol%igem Äthylalkohol (5 Min.

Ergebnis: Die Bakteriogramme von M zeigen das gewohnte Bild: eine hohe Keimabgabe nach der 3 Minuten Seifen-Bürsten Waschung. Nach der Desinfektion (D) erfolgte stets eine beträchtliche Abnahme der ausgewachsenen Kolonien. Die folgende Zusammenstellung gibt die Keimzahlen wieder, die aus je 1000 ml Expositionsflüssigkeit berechnet wurden und somit die Gesamtzahl der von beiden Händen abgegebenen Mikroorganismen darstellen.

Tabelle 10

Keimabgabe nach

mechanischer Reinigung (M) (3 Min.)	Desinfektion mit 80 vol % Äthylalkohol (D)
unzählige	9 400
unzählige	1 400
unzählige	1 000
unzählige	600
560 000	134 000
460 000	6 000
440 000	600
320 000	1 600
290 000	1 600
270 000	600
220 000	67 000
210 000	4 000
157 000	5 000
88 000	1 000
85 000	0
50 000	0
3 150 000 + 4x unzählige	233 800

Keimabgabe nach mechanischer Händereinigung (3 Min.) und Desinfektion mit 80 vol%igem Äthylalkohol (5 Min.). - Membranfilter-Methode.

Die Auswertung dieser Zahlen unter Verwendung der Fiktivwerte von 1,6 x 10^6 für das bei M gefundene nicht mehr auszählbare Wachstum führte zu folgendem Ergebnis:

Tabelle 11

Membranfilter-Methode	Keimabgabe nach	
	mechanischer Reinigung (M) (3 Min.)	Desinfektion (D) mit 80 vol % Äthylalkohol
Gesamtkeimzahl	9 550 000	233 800
Anzahl der Versuche	16	16
Durchschnittskeimzahl	596 875	14 612
relative prozentuale Keimreduktion:	97,55 %	

Keimabgabe nach mechanischer Reinigung (3 Min.) und Behandlung der Hände mit 80 vol%igem Äthylalkohol (5 Min.), sowie relative prozentuale Keimverminderung durch den Desinfektionsvorgang. - Membranfilter-Methode.

Bei insgesamt 16 Versuchen konnte also eine durchschnittliche Verminderung der Keimabgabe nach einer 5 minütigen Desinfektion der Hände mit 80 vol%igem Äthylalkohol um rund 97 % festgestellt werden.

Wir sind nun in der Lage, zusammenfassend und abschließend zu unseren Versuchen Stellung zu nehmen. Es war unser Bestreben, einen Einblick in die Wirkungsweise von Desinfektionsmitteln zu erhalten, die speziell zur Händedesinfektion empfohlen werden. Da uns in erster Linie dabei die praeoperative Händevorbereitung interessierte, wählten wir die Tageshand als Testobjekt, welche den natürlichen Gegebenheiten der Praxis am nächsten kommt. Die Gesichtspunkte, unter denen drei Desinfektionsmittel näher untersucht wurden, sind in der Frage

zusammengefaßt: Welchen Einfluß übt die Desinfektion auf die Keimabgabe der Hand aus? Durch Vergleiche der Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand und der mit Seife und Bürste unter fließendem warmen Wasser gereinigten Hand konnten wir eine nur geringe Differenz in der Zahl der jeweils abgegebenen Mikroorganismen feststellen, die im Höchstfalle nach einer 10 minütigen Reinigung durchschnittlich 30 % betrug. Erst die Behandlung mit chemischen Präparaten erbrachte eine einschneidende Reduktion. So fanden wir bei dem seit 1941 in die Händedesinfektion eingeführten Vertreter der quarternären Ammoniumsalze "Desogen" eine Verminderung der Keimabgabe um rund 98%. Unter Berücksichtigung des diesem Präparat anhaftenden Seifen- und Eiweißfehlers und unter Berufung auf die Forderungen, die von einem zur chirurgischen Händedesinfektion geeigneten Mittel weitgehend erfüllt werden müssen, kamen wir jedoch zu dem Schluß, daß Desogen unter diesen Umständen eine von der Chirurgenhand ausgehende Infektion nicht mit ausreichender Sicherheit zu verhüten vermag und daher nicht brauchbar ist. - Im Gegensatz dazu sehen wir in "Bayer 4245", welches eine durchschnittliche Reduktion der Keimabgabe von rund 97 % (genau 97,05%) erreicht und welches den unangenehmen Seifen- und Eiweißfehler nicht besitzt, ein für die Zwecke der chirurgischen Händedesinfektion brauchbares Präparat. Zur Stützung dieser Aussage diente der von der "Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie" verlangte Vergleich mit dem 80 vol%igen Äthylalkohol. Unter denselben Versuchsbedingungen wie bei Prüfung von "Bayer 4245" ließ sich beim 80 vol%igen Äthylalkohol eine durchschnittliche Reduktion der Keimabgabe von 97,55 % beobachten. Wir können uns damit dem Urteil von Klieve, Kikuth, Grün und Harmsen anschließen und bestätigen, daß "Bayer 4245" in seiner Wirkung der des 80 vol%igen Äthylalkohols gleichkommt und somit zur Verwendung für die chirurgische Händedesinfektion geeignet erscheint.

II Methodischer Vergleich

Mit der Untersuchung von "Bayer 4245" und "Desogen" wurde gleichzeitig eine nähere Betrachtung methodischer Fragen verbunden, die durch die Arbeit von Heicken "Blockiert der 'Quatsfilm' die Keimabgabe der Tageshand?" angeregt wurde. Wie bereits ausgeführt, wurde darin die Brauchbarkeit der Membranfilter-Methode speziell zur Prüfung und Wertbestimmung von quarternären Ammoniumsalzen bezweifelt und von ihrer Verwendung abgeraten. Es wurde deshalb versucht, die Membranfilter-Methode durch ein ihr angepaßtes, im Prinzip ähnliches Verfahren, das Agargußplatten-Verfahren, zu kontrollieren und anhand der Ergebnisse eventuell bestehende Differenzen aufzufinden. Da dieser Vergleich schon bei der Besprechung unserer Versuche mit "Bayer 4245" und "Desogen" berücksichtigt wurde, seien hier nur noch einmal die Ergebnisse zusammengestellt. Bei der Prüfung der Keimabgabe nach einer Desinfektion mit "Bayer 4245" ergab sich mittels Membranfilter-Methode eine Reduktion von 97,89 %, mit dem Agargußplatten-Verfahren eine solche von 96,22 %, bei "Desogen" erhielten wir mit der Membranfilter-Methode eine Reduktion von 97,61 % und mit dem Agargußplatten-Verfahren eine solche von 99,96 %. Die sehr geringe Differenz von 1 % bzw. 2 % reicht nicht aus, einen wirklichen Unterschied in der Leistungsfähigkeit der beiden Methoden beweisen zu können und dürfte innerhalb der methodischen Fehlergrenze liegen. Wir kamen daher zu dem Schluß, daß die Membranfilter-Methode als eine elegante, leicht auszuführende und durch die Wiedergabe der Ergebnisse anhand der Bakteriogramme besonders wertvolle Technik zur Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln ist, die sich auch bei der Untersuchung von quarternären Ammoniumsalzen bewährt. Da aber die "Quats" infolge ihrer hohen Seifen- und Eiweißlabilität aus der Reihe der zur Händedesinfektion geeigneten Präparate ausscheiden müssen, kommt dieser Fragestellung heute keine praktische Bedeutung mehr zu.

Es war uns nun noch daran gelegen, auf das von Heicken ausführlich behandelte Argument einzugehen, daß neben der rein

technischen Ausführung von Desinfektionsmitteluntersuchungen auch die Wahl der zur Exposition der Hände und damit zum Auffangen der abgegebenen Keime benützten Flüssigkeit von entscheidender Bedeutung für die zu erzielenden Ergebnisse sei. Bei Zugrundelegung von Beobachtungen von Lockemann und Picher, die Staphylokokken-Aufschwemmungen in destilliertem Wasser stehen ließen und nach 30 Minuten eine Verminderung des anfänglichen Keimgehalts auf 82 % (um 18%) feststellen konnten, führte Heicken Desinfektionsversuche mit Quatslösungen bei anschließender Exposition einmal in aqua dest., zum anderen aber in physiologischer Kochsalzlösung aus. Die Filtration zur Bestimmung der Keimabgabe wurde nach 1/2, 1, 2 und 5 Minuten vorgenommen und ergab Bakteriogramme, die bei Exposition in aqua dest. zunächst mit unzählig vielen, dann aber bei 2 Min. und 5 Minuten mit einer geringeren, auszählbaren Anzahl von Kolonien bewachsen waren. Daraus folgerte Heicken, daß das Phänomen der Blockierung der Keimabgabe durch Quats durch das in aqua dest. rascher erfolgende Absterben der Keime infolge bakterizider Nachwirkung von Desinfektionsmittelresten vorgetäuscht würde, als dies bei Verwendung von physiologischer Kochsalzlösung beobachtet werden könne. Wir haben deshalb zur Klärung des praktischen Einflusses der Expositionsflüssigkeit auf die Ergebnisse Versuche angestellt, die sowohl mit der Membranfilter-Methode als auch mit dem Agargußplatten-Verfahren vergleichsweise mit destilliertem Wasser und physiologischer Kochsalzlösung durchgeführt wurden. Die Filtration bzw. Einbringung der Ausknetflüssigkeit in Traubenzuckeragar schloß sich jedesmal unmittelbar an die Exposition an. Die Tabelle 12 vermag einen Einblick in die unter diesen Bedingungen ermittelten Keimabgabeverhältnisse von der mechanisch gereinigten Hand zu geben.

Tabelle 12

(Siehe S. 100)

Wir sehen, daß sowohl bei Exposition in aqua dest. als auch in physiologischer NaCl-Lösung die durchschnittliche Reduktion der Keimabgabe bei 25 % liegt, also kein Einfluß auf das Gesamtergebnis zu verzeichnen ist, der auf die unterschiedlich geübte Exposition zurückgeführt werden könnte.

Tabelle 12

Aqua dest.			Phys. NaCl - Lösung		
Keimabgabe			Keimabgabe		
von der unbehandelten Tageshand (T)	nach mech. Reinigung (M)	Differenz (T-M)	von der unbehandelten Tageshand (T)	nach mech. Reinigung (M)	Differenz (T-M)
1 280 000	650 000	630 000	800 000	740 000	60 000
800 000	960 000	+ 160 000	630 000	780 000	+ 150 000
600 000	310 000	290 000	600 000	270 000	330 000
255 000	143 000	112 000	500 000	252 000	248 000
200 000	150 000	50 000	380 000	196 000	184 000
136 000	102 000	34 000	138 000	84 000	54 000
130 000	77 000	53 000	100 000	58 000	42 000
75 000	80 000	+ 5 000	72 000	19 400	52 600
67 000	30 400	36 600	48 000	44 000	4 000
53 000	78 000	+ 25 000	44 000	25 600	18 400
52 800	60 000	+ 7 200			
48 000	60 000	+ 12 000			
45 000	50 000	+ 5 000			
40 000	36 000	4 000			
31 000	17 700	13 300			
30 000	18 900	11 100			
18 200	17 460	740			
18 000	15 400	2 600			
13 000	4 540	8 460			
9 700	40 000	+ 30 300			
3 780	1 120	2 660			
3 500	1 160	2 340			
1 120	900	220			
Gesamt- Keimzahl 3 910 100	2 903 580	1 006 520	3 312 000	2 469 000	843 000
Anzahl d. Versuche 23	23	23	10	10	10
Durchschn. Keimzahl 170 004	126 232	43 762	331 200	246 900	84 300
relative prozentuale Keimreduktion:	25,74 %			25,45 %	

Keimabgabe von der unbehandelten Tageshand und nach mechanischer Reinigung unter Berücksichtigung des Expositionsmediums (Aqua dest. bzw. Physiologische NaCl-Lösung). - Membranfilter-Methode.
Die Keimzahlen beziehen sich auf 1000 ml Expositionsflüssigkeit. Die mit + versehenen Keimzahlen zeigen eine vermehrte Keimabgabe nach der mech.

Wie sehen nun die Verhältnisse nach der Desinfektion aus? Denn es ist durchaus denkbar, daß die Keime, die unter dem Einfluß des Desinfektionsmittels gestanden haben und jetzt abgegeben werden, empfindlicher auf das jeweilige Expositionsmedium reagieren als die von der mechanisch gereinigten Hand abgegebenen Keime, sofern man eine Beeinträchtigung durch die Seife ausschließt. Unsere Ergebnisse, die sich auf Versuche mit "Bayer 4245" und mit Desogen beziehen, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 13

(Siehe S. 102)

Vergleicht man die unter den Spalten Aqua dest. und Physiologische NaCl-Lösung angegebenen Mittelwerte, die den Durchschnitt der pro Versuch abgegebenen Keime darstellen, so kommt man zu dem Resultat, daß die Keimzahlen bei der Exposition in Kochsalzlösung tatsächlich durchgehend etwas höher liegen als bei der Exposition in destilliertem Wasser. Vergleicht man jedoch anschließend die in % angegebenen durchschnittlichen Reduktionen der Keimabgabe, und auf diese kommt es doch effektiv an, so erkennt man deutlich, daß die Relationen zwischen M und D durch die höheren Keimzahlen bei Exposition in physiologischer NaCl-Lösung nicht wesentlich verändert werden. Die Reduktionen der Keimabgabe innerhalb der beiden Desinfektionsmittel zeigen vielmehr eine so weitgehende Übereinstimmung, daß wir auch hier einen bedeutungsvollen Einfluß des Expositionsmittels auf die Endergebnisse verneinen können. Es muß allerdings bedacht werden, daß die Verarbeitung des keimhaltigen Expositionsmaterials unmittelbar an die Exposition angeschlossen und damit der Zeitfaktor, der bei Heickens Versuchen die Hauptrolle spielte, ausgeklammert wurde. Trotzdem möchten auch wir uns der Empfehlung, physiologische Kochsalzlösung bei der Prüfung und Wertbestimmung von Desinfektionsmitteln als Expositionsflüssigkeit zu verwenden, nicht verschließen, um jede denkbare Möglichkeit einer weiteren Beeinträchtigung der sicher durch das Desinfektionsmittel vorgeschädigten Keime aus dem Wege zu räumen.

Tabelle 13

		Aqua dest.		Phys. NaCl	
		Keimabgabe nach		Keimabgabe nach	
		mechanischer Reinigung (M)	Desinfektion (D)	mechanischer Reinigung (M)	Desinfektion (D)
Bayer 4245	Gesamt-Keimzahl	19 000 100	462 920	19 355 000	579 660
	Anzahl der Versuche	42	42	28	28
	Durchschnitts-Keimzahl	452 383	11 022	691 250	20 702
	relative prozentuale Keimreduktion:	97,56 %		97,00 %	
Desogen	Gesamt-Keimzahl	9 695 400	3 000	10 814 000	147 200
	Anzahl der Versuche	12	12	11	11
	Durchschnitts-Keimzahl	807 950	250	983 091	13 382
	relative prozentuale Keimreduktion:	99,96 %		99,65 %	

Vergleich der Keimabgaben nach mechanischer Reinigung und Desinfektion sowohl mit "Bayer 4245" als auch mit "Desogen" unter Berücksichtigung der beiden Expositionsmedien: Aqua dest. und physiologische NaCl-Lösung.

Zusammenfassung

Anhand eines geschichtlichen Überblickes wird versucht, der stufenweisen Entwicklung des Desinfektionsgedankens nachzugehen und eine Auswahl der vielfältigen Maßnahmen, die zur Verhütung und Bekämpfung von Seuchen ergriffen wurden, aufzuzeigen. Dabei wird insbesondere eingegangen auf die bahnbrechenden Arbeiten von Hieronymus Fracastoro, Jakob Henle, Ignaz Philipp Semmelweis, Joseph Lister und Louis Pasteur, die, ausgezeichnet durch die streng wissenschaftliche Behandlung des Problemkreises, als ahnungsvolle Vorboten und beispielhafte Wegbereiter ein neues Zeitalter medizinischer Forschung und Praxis ankündigen, das durch die Entdeckung und den unbezweifelbaren Nachweis von Mikroorganismen als Ursache der Infektionskrankheiten besonders durch Robert Koch eingeleitet wird.

Durch die unerschütterlich feste Grundlage, die damit für das ärztliche Handeln geschaffen wurde, ist es sodann möglich, ja erforderlich, über das Ziel und die Grenzen nachzudenken, die durch geeignete Verhütungsmaßnahmen erreicht werden können. Dazu sind die Auseinandersetzung und exakte Umschreibung der Begriffe Sterilisation und Desinfektion notwendig. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die Kenntnis der Vorgänge, welche sich unter der Wirkung chemischer Substanzen (chemischer Desinfektionsmittel) an den Mikroorganismen vollziehen und welche in den Phänomenen der Bakteriostase und Bakterizidie und deren Grenzsituationen ihren Ausdruck finden. In Anlehnung an Robert Kochs Postulat läßt sich die Definition des Begriffes Desinfektion nach Ludwig Grün eindeutig festlegen: "Desinfektion ist die Abtötung der Erreger übertragbarer, ansteckender Krankheiten."

Wie vielschichtig jedoch die Schwierigkeiten sind, die der praktischen Durchführung der Desinfektion nach diesen Grundsätzen entgegenstehen, wird am Beispiel der Händedesinfektion gezeigt. Unter Berücksichtigung der anatomischen Beschaffenheit der Haut und ihrer physiologischen Funktionen, sowie der Vorgänge, die sich bei der chemischen Desinfektion

abspielen, liegen die Grenzen der Desinfizierbarkeit der Haut der Hände klar zutage: "Die Prophylaxis magna sterilisans, die 100%ige Sterilität der Hände, kann durch mechanische Reinigung oder chemische Desinfektion nie erreicht werden" (Hirsch) und "die Hände-'Desinfektion' führt diese einschränkende Bezeichnung mit vollem Recht" (Roemer).

Anschließend vermittelt ein Überblick über die Entwicklung der Desinfektionsmittel und die Darstellung der wichtigsten Stoffklassen bakteriostatisch bzw. germizid wirkender Substanzen einen Eindruck von der großen Zahl der Versuche und Bemühungen, das Problem der Händedesinfektion auf befriedigende Weise lösen zu können.

Durch die Einsicht in die günstigen und nachteiligen Eigenschaften der aufgezählten Präparate lassen sich dann zwanglos die Forderungen formulieren, die an ein optimal wirksames Desinfektionsmittel gestellt werden müssen.

Wie weit die einzelnen Präparate diesen Forderungen entsprechen, kann durch die normierten Testmethoden, welche in den "Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie" zusammenfassend dargestellt sind, ermittelt werden, wodurch gleichzeitig die Grundlage für die einheitliche Prüfung und Wertbestimmung und damit für eine verbindliche Beurteilung und Aussage über die Brauchbarkeit von chemischen Substanzen zu Desinfektionszwecken geschaffen ist.

Aus dem Komplex des Desinfektionsproblems herausgelöst, interessiert im weiteren hauptsächlich die spezielle Frage der chirurgischen Händedesinfektion. Die Beobachtung der Keimabgabe von den Händen und ihrer stufenweisen Reduktion durch mechanische Reinigung und chemische Desinfektion, die anhand der Membranfilter-Methode und zu deren Kontrolle mit dem Agargußplatten-Verfahren durchgeführt wird, vermittelt einen lebendigen Eindruck von der Leistungsfähigkeit der chirurgischen Händedesinfektion und ihren Grenzen. Dabei wird zunächst der Einfluß der zeitlichen Ausdehnung des Waschvorganges auf die Keimabgabe studiert und gefunden, daß die Zahl der abgegebenen

Keime auch durch längeres Waschen und Bürsten nicht wesentlich vermindert wird, was eine Reduktion der Waschdauer rechtfertigt. Sodann wird das neue, von den Bayer-Werken, Leverkusen, entwickelte Präparat "Bayer 4245", sowie Desogen und 80 vol%iger Äthylalkohol auf ihre Desinfektionswirkung überprüft und festgestellt, daß "Bayer 4245" in seiner Wirkung auf die Keimabgabe der Hand der des 80 vol%igen Äthylalkohols gleichkommt und damit den Anforderungen entspricht, die an ein zur chirurgischen Händedesinfektion geeignetes Mittel gestellt werden. Desogen muß dagegen bei Zugrundlegung strengster Maßstäbe infolge seines Eiweißfehlers als ungenügend beurteilt werden.

Abschließend wird ein methodischer Vergleich zwischen den beiden Expositionsflüssigkeiten destilliertes Wasser und physiologische Kochsalzlösung durchgeführt, der ergibt, daß kein effektiver Einfluß auf die Ergebnisse zu verzeichnen ist. Um jedoch jede weitere mögliche Schädigung der durch das Desinfektionsmittel bereits angegriffenen Keime zu vermeiden, erscheint die Verwendung von physiologischer Kochsalzlösung bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln mit Hilfe der Keimabgabe zweckmäßig.

Literatur - Verzeichnis

1) Abel, R. "Überblick über die geschichtliche Lehre v.d. Infektion, Immunität und Prophylaxe" aus Kolle-Kraus-Uhlenhuth "Handbuch der pathogenen Mikroorganismen" Bd. I, 3. Aufl., S.1-39, 1929

2) Ahrens, C. "Die Wirkung von fließendem Leitungswasser auf die Keimverminderung künstl.infiz.Hände" Dt. Gesundheitswesen Z.f.Med. 12.Jg., Heft 36, 1957

3) Bethge, J.F.G. und Rassfeld-Sternberg, C. "Zur Händeschnelldesinfektion" Zbl.f.Chir. 79.Jg., Heft 38, 1956

4) Brauss, F.W. "Läßt sich die Händedesinfektion verbessern?" Z.f.Desinf. u. Schädl.bek. A Heft 8/9, 99, 1949

5) Dold, H. "Über das unterschiedliche Inhibitionsvermögen lebender Oberflächen..." Z.Hyg. 127, 296, 1948

6) Epstein, F. "Zur Frage der Alkoholdesinfektion" Z. Hyg. 24, 1-21, 1897

7) Fischer, E. "Klinischer Beitrag zur chir. Händedesinfektion Zbl. f.Chir. 82.Jg., Heft 8, 357, 1957

8) Glassmann, H.N. "Surface active agents and their application in Bacteriology" Bacteriological Reviews Juli 1949

9) Göpel, H., Rücker, G. und Schütz, W. "Zur praeoperativen Händedesinfektion" Der Chirurg 29.Jg., Heft 10, 433-437, 1958

10) Gottsacker, E. "Was dürfen wir von Zephirol bei der Händedesinfektion erwarten?" Arch. Hyg. 128, 11, 1942

1) Gottsacker, E. "Fällung von Eiweiß durch Invertseifen mit bes. Berücksichtigung d. Zephirols" Zbl. Bakt. I Orig., 173, 304-306, 1958

2) Gottsacker, E. "25 Jahre Zephirol" Der Chirurg 29.Jg., Heft 6, 245-247,, 1958

3) Grün, L. "Zum Begriff der Desinfektion" Zbl. f.Chir. 81.Jg., Heft 33, 1401-1406, 1956

4) " "Über ein neuartiges Mittel zur hygienischen und chir. Händedesinfektion" Die Medizinische Nr. 13, 595-598, 1959

5) Grün, L. und Schopner, R. "Erwartung u. Leistung bei der hyg. Händedesinfektion" Z.Hyg. 143, 521-532, 1957

6) Grumbach, A. "Desogen, ein neues Desinfektionsmittel aus der Reihe der Quats" Schweiz. med.Wschr. 71, 1520, 1941

7) Harmsen, H. Gutachten über "Bayer 4245" v. 22.12.1958

8) Heicken, K. "Über die Prüfung und Wertbestimmung v. Händedesinfektionsmitteln" Z.f.Desinf.u.Schädl.bek. A Heft 8/9, 105-110, 1949

9) " "Blockiert der 'Quatsfilm' die Keimabgabe der Tageshand?" Z.f.Hyg. 137, 505-512, 1953

0) Henle, J. "Von den Miasmen und Kontagien" (1840) Klassiker der Medizin Verlag J.A. Barth, Leipzig 1910

1) Herrmann, W. u. Preuss, H. "Zur Reform der Händedesinfektion" Z.f. Desinf. u. Schädl.bek. A 41.Jg., Heft 10, 1949

2) " "Über Händedesinfektionsmittel auf neuer Grundlage (Tego 103)" Dt.med.Wschr. Nr.29/30, 928, 1949

23) Herrmann, W. u. Preuss, H. "Über neue Versuchsergebnisse mit dem Desinfektionsmittel Tego 103" Desinfektion 42.Jg., Heft 4/5, 1950

24) Hirsch, J. "Zur Prüfung und Praxis der chir.Händedesinfektion" Schweiz. med. Wschr. 48, 1285, 1950

25) " "Prüfung der Händedesinfektion" Zbl. Bakt. 160, 265, 1953/54

26) Kikuth, W. "Fragen moderner Hygiene u. Desinfektion im Rahmen d. Unfallmedizin" Die Medizinische Nr. 7, 243-249, 1956

27) " "Hospitalismus" (Bakteriolog. Referat) Arch. u. Dt.Z.f.Chir. Bd. 287, 1957 Sitzungsbericht der 74. Tagg.d.Dt.Ges.f.Chir. v. 24.-27.4.1957

28) Kikuth, W. und Grün, L. "Zur Hygiene und Bakteriologie des Staph.-Hospitalismus" Dt. med. Wschr. 549, 1957

29) Kliewe, H. "Fachhygienische Beurteilung des Händedesinfektionsmittels "Bayer 4245" v. 8.12.1958

30) Koch, R. "Untersuchungen v. pathogenen Mikroorganismen" Mitteilg. a.d.Kaiserl.Gesundheitsamt Berlin 1, 1881

31) " "Über Desinfektion" Mittlg. a.d.K.Ges.heitsamt Berlin, 1, 1881

32) Kolle-Kraus-Uhlenhuth "Desinfektion u. Sterilisation" in "Handbuch der path. Mikroorganismen" Bd. III/2, 835, 1931

33) Krüpe, W. "Versuchsergebnisse mit einem neuen Desinfektionsmittel (Tego 103)" Z.f.Desinf. u. Schädl.bek. A Heft 8/9, 93, 1949

34) Lautenschläger, C.L. u. Schmidt, H. "Sterilisationsmethoden f.d. pharmaz. u. ärztl. Praxis" Thieme Verlag, Stuttgart, 1954

35) Lister, J. "Erste Veröffentlichungen über antiseptische Wundbehandlung" (1867/68/69)" Klassiker der Med. Verlag J.A. Barth, Leipzig, 1912

36) Meewes, K.H. "Studien über Probleme bei der Prüfung v. Desinfektionsmitteln" Z. Hyg. 123, 239, 1942

37) Miller, B.; Abrams, R.; Huber, A. u. Klein, M. "Formation of invisible, non-perceptible Film on hands by Cationic Soaps" Proc. of the Soc. f. experim. Biology a. Med. Nr. 54, 174-176, 1943

38) Müller, Reiner "Medizinische Mikrobiologie" Urban u. Schwarzenberg, München-Berlin, 1950

39) Naumann, P. "Kritisches u. Experimentelles zur chir. Händedesinfektion" Z. Hyg. 135, 161-190, 1952

40) " "Das Telluritverfahren ... " Arch. f. Lebensmittelhyg. 8.Jg. Nr. 10, 1957

41) Naumann, P. u. Heusser, W. "Bakteriologische Studien zum Hospitalismus" Der Chirurg 29. Jg. Heft 5, 193-198, 1958

42) Neufeld, F. "Untersuchungen über Bakterien d. menschl. Haut u. über die natürlichen Abwehrkräfte d. Haut u. d. Schleimhäute" Z. Hyg. 124, 429, 1943

43) " "Um einige strittige Fragen betreffs der Hände-Desinfektion" Z. Hyg. 125, 287, 1944

44) Neufeld, F. u. Schiemann, O. "Über die Wirkung des Alkohols bei der Hande-Desinfektion" Z. Hyg. 121, 312, 1939

45) Neufeld, F. u. Schiemann, O. "Desinfektionsversuche an der Tageshand" Z. Hyg. 124, 751, 1943

46) Neufeld, F.; Schiemann, O. u. Kuhn, H. "Untersuchungen über chir. Händedesinfektion" Klin.Wschr. 18, 710, 1939

47) Neufeld, F.; Schiemann, O. u. Schütz, O. "Desinfektionsversuche an Händen, die mit virulenten Septicaemie-Erregern u. mit Coli-Baz. infiziert sind" Z. Hyg. 123, 147, 1942

48) Neufeld, F. u. Schütz, O. "Untersuchungen über die Sonderstellung des Alkohols als 'Desinfiziens ..." Z. Hyg. 123, 396, 1942

49) Reddish, G.F. "Antiseptics, Desinfectants, Fungicides a. Chemical a. Physical Sterilization" Verlag Henry Kimpton London 1954

50) Reichel, H. "Handbuch der pathogenen Mikroorganismen" 3. Aufl. Bd. III/2, 935, 1931

51) "Richtlinien für die Prüfung chemischer Desinfektionsmittel" Zld. Bakt. I/Orig., 173, 307-317, 1958

52) Roemer, G.B. "Zur Frage der Wirkung von Desinfektionsmitteln, insbesondere v. Zephirol im Keimträgerversuch" Z. Immun.forschg. u. exp. Therapie 110, 228-239, 1953

53) " "Desinfektion u. Sterilisation" in A.Grumbach u. W. Kikuth "Die Infektionskrankheiten des Menschen u. ihre Erreger" Thieme Verlag Stuttgart Bd. I, 342, 1958

54) Rodenwaldt, E. u. Bader, R.-E. "Lehrbuch der Hygiene" Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1951, S. 768-771

55) Schoog, M. "Tween 80 bei Serumlabilitätsreaktionen u. bakterieller Desinfektion" Die Medizinische 48, 1557, 1953

56) Semmelweis, J.Ph. "Ätiologie, Begriff u. Prophylaxis des Kindbettfiebers (1861)"
Klassiker d. Med. Verlag J.A. Barth Leipzig 1912

57) Sprössig, M. u. Oehring, H. "Zum Problem der Händedesinfektion in d. Gynäkologie u. Geburtshilfe"
Zbl. Gyn. 79.Jg. Heft 14, 539, 1957

58) Vierthaler, R.W. "Über Beziehungen zwischen Keimgehalt u. physiol. Beschaffenheit d. Hautoberfläche"
Z. Hyg. 123, 126, 1942

59) Volkmann, R. "Über den antiseptischen Okklusivverband ..."
Sammlung Klin. Vorträge Nr. 96, 1875.

Lebenslauf

Als zweites von drei Kindern wurde ich am 18. Juli 1933 als Tochter des Dr. med. Max Walz, prakt. Arzt, und seiner Ehefrau Frida, geborene Ellenberger, in Vaihingen-Enz geboren.

Von 1940 bis 1944 besuchte ich die Grundschule und bis 1950 das Progymnasium in Vaihingen-Enz und bezog dann das Gymnasium in Mühlacker, wo ich im Frühjahr 1953 die Reifeprüfung ablegte. Mein Studium begann ich im November 1953 in Tübingen, wo ich zunächst im ersten Semester Zahnheilkunde, nach diesem aber Vollmedizin hörte und im Herbst 1956 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Die beiden folgenden Semester studierte ich an der Freien Universität in Berlin. Seit November 1957 bin ich an der Universität in Hamburg eingeschrieben, wo ich mein Studium mit der ärztlichen Prüfung und Promotion abschließe.

Danksagung

Es ist mir ein aufrichtiges Bedürfnis, am Schluß dieser Arbeit Herrn Professor Dr. Dr. G.B. Roemer, Direktor des Instituts für klinische Bakteriologie und Serologie der Universität Hamburg, für die Überlassung des interessanten Themas zur Bearbeitung als Inauguraldissertation zu danken. Zu besonderem Dank bin ich Herrn Privatdozent Dr. med. P. Naumann verpflichtet, dessen unermüdlich tatkräftige Beratung und Unterstützung mir über manche Schwierigkeiten hinweghalfen. Mein Dank wendet sich insbesondere auch an das gesamte Institutspersonal, welches sich jederzeit bereitwillig zu den Versuchen zur Verfügung stellte; ebenso sei den Herren Albrecht und Twisselmann für die Sterilisation der Versuchsgeräte und für die Bereitstellung der notwendigen Nährmedien gedankt. Erst die harmonische Zusammenarbeit ermöglichte den ungestörten Fortgang der Versuche und die daraus erzielten Ergebnisse.